



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2023
№05 (234)**

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

Сведения о редакционной коллегии

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

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
Р. З. Аббас, Сельскохозяйственный университет (Фейсалабад, Пакистан)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмурастов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. 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 Sótonyi (Deputy chief editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Rao Zahid Abbas, University of Agriculture (Faisalabad, Pakistan)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, 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. Pashtetstskiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences (Yalta, Russia)
Olga A. Ruschitskaya, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology And Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed

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



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание

Агротехнологии

- Г. К. Булахтина* 2
Подбор кормовых кустарников для реставрации деградированных полупустынных пастбищных экосистем
- М. В. Власенко, С. Ю. Турко, Л. П. Рыбашлыкova* 14
Эффективные технологии восстановления деградированных земель и создания высококачественных сенокосов в бассейне реки Дон
- А. В. Леднев, Н. И. Касаткина, Ж. С. Нелюбина, Р. А. Файзуллин* 26
Анализ состояния и перспективы развития кормопроизводства в Удмуртской Республике
- А. А. Тедеева, В. В. Тедеева* 36
Урожайность озимой пшеницы в зависимости от сроков и норм высева

Биология и биотехнологии

- Н. А. Костерина* 49
Анализ современного состояния проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации
- А. С. Кривоногова, А. Г. Исаева, И. М. Донник, Е. А. Логинов, К. В. Моисеева* 61
Влияние антибиотика и фитобиотика на состояние здоровья, продуктивность кур-несушек и качество яйца
- Ф. К. Мурзабулатова, Н. В. Полякова* 72
Параметры засухоустойчивости некоторых представителей рода *Tilia* L. при интродукции и в городских насаждениях
- Я. В. Пухальский, Н. И. Воробьев, С. И. Лоскутов, Ю. В. Лактионов* 83
Генотипический скрининг устойчивости зернобобовых культур к воздействию тяжелых металлов на основании нейронного профилирования эксудации их аминокислот

Экономика

- Б. А. Воронин, Я. В. Воронина, Д. К. Стожко, К. П. Стожко* 97
Проблема кодификации «органических продуктов питания»: теоретико-методологические аспекты системного анализа и правового регулирования
- В. С. Паштецкий, Р. Р. Тимиргалева, М. В. Вердыш* 108
Формирование системы индикаторов оценки агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации

Contents

Agrotechnologies

- G. K. Bulakhtina* 2
Selection of fodder shrubs for the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems
- M. V. Vlasenko, S. Yu. Turko, L. P. Rybashlykova* 14
Effective technologies for the restoration of degraded pasture ecosystems and the creation of high-quality hayfields in the Don river basin
- A. V. Lednev, N. I. Kasatkina, Zh. S. Nelyubina, R. A. Fayzullin* 26
Analysis of the state and prospects for the development of fodder production in the Udmurt Republic
- A. A. Tedeewa, V. V. Tedeewa* 36
The influence of timing and seeding rates on the yield of winter wheat

Biology and biotechnologies

- N. A. Kosterina* 49
Analysis of the current state of the problem of fusarium ear and grain of wheat in the Russian Federation
- A. S. Krivonogova, A. G. Isaeva, I. M. Donnik, E. A. Loginov, K. V. Moiseeva* 61
Antibiotic and phytobiotic's effect on health status, productivity of laying hens and egg quality
- F. K. Murzabulatova, N. V. Polyakova* 72
Drought resistance parameters of some representatives of the genus *Tilia* L. during introduction and in urban plantations
- Ya. V. Pukhalskiy, N. I. Vorobyev, S. I. Loskutov, Yu. V. Laktionov* 83
Genotypic screening for the resistance of leguminous crops to the effects of heavy metals, based on neuron profiling of their amino acid exudation

Economy

- B. A. Voronin, Ya. V. Voronina, D. K. Stozhko, K. P. Stozhko* 97
The problem of codification of “organic food”: theoretical and methodological aspects of system analysis and legal regulation
- V. S. Pashtetskiy, R. R. Timirgaleeva, M. V. Verdysh* 108
Formation of a system of indicators for assessing the agro-industrial potential of the region in the direction of its digital transformation

Подбор кормовых кустарников для реставрации деградированных полупустынных пастбищных экосистем

Г. К. Булахтина¹✉

¹ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Соленое Займище, Россия

✉ E-mail: gbulah@mail.ru

Аннотация. Цель. Исследование направлено на проведение интродукции и адаптационной оценки многолетних кормовых растений из коллекции Узбекского НИИ каракулеводства и экологии пустынь для использования в реставрации аридных деградированных пастбищных экосистем в полупустынной зоне юга России. **Методы.** Дана оценка адаптационным возможностям, в том числе реакция на засуху, морозостойкость, урожайность, кормовая ценность кормовых кустарников семейств маревые (*Chenopodiaceae*), бобовые (*Fabaceae*), мятликовые (*Poaceae*), лоховые (*Elaeagnaceae*), гречишные (*Polygonaceae*), астровые (*Asteraceae*) из коллекции Узбекского НИИ каракулеводства и экологии пустынь в современных условиях аридизации климата на светло-каштановых почвах Астраханской области. **Результаты.** Исследования проводились в засушливых климатических условиях на неплодородных почвах (содержание гумуса – 0,91–1,2 %). На второй год вегетации высота растений составила 0,82–1,29 м, что будет способствовать задержанию снега на пастбище. Все исследуемые кормовые кустарники имели достоверно высокий показатель ЭКЕ (0,802–0,972) и урожайность зеленой массы (5,7–38,7) т/га, наиболее урожайными были отмечены имень, чогон и кейреук – 38,7, 25,0, 32,7 т/га соответственно, меньшую массу (5,7 т/га) за вегетацию нарастил саксаул черный. **Научная новизна.** Все изучаемые интродуцируемые кустарники показали высокий адаптивный жизненный потенциал в аридных полупустынных условиях региона исследования, в том числе высокую засухоустойчивость, нетребовательность к почвенному плодородию, длительный вегетационный период (200–230 дней) и высокую энергетическую емкость, которая превышала ЭКЕ естественного травостоя на 0,07–0,24. Использование этих кустарников в восстановлении деградированных пастбищ увеличит их видовое разнообразие, продуктивность и питательную ценность. Все это даст возможность не только увеличить кормовую емкость рекультивированных пастбищ, но и улучшить их мелиоративное состояние за счет снегозадержания.

Ключевые слова: опустынивание, полупустынные пастбищные экосистемы, кормовые кустарники, питательная ценность, урожайность.

Для цитирования: Булахтина Г. К. Подбор кормовых кустарников для реставрации деградированных полупустынных пастбищных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-2-13.

Дата поступления статьи: 27.01.2023, **дата рецензирования:** 14.02.2023, **дата принятия:** 20.02.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием (1995 г.) была разработана как главный инструмент для содействия на международном уровне устойчивому развитию регионов, подверженных высокому антропогенному воздействию в сочетании с аридизацией климата, при этом, на тот период понятие «опустынивание» было еще неоднозначно воспринято научным сообществом. В то же время многочисленными исследованиями российских и зарубежных специалистов убедительно были выявлены явные процессы ксерофитизации растительного по-

крова, высыхание и гибель защитных насаждений, активное движение песков. Особенно это отмечалось в аридных пастбищных экосистемах [1–7].

В настоящее время в полупустынных и пустынных регионах не только России, но и Казахстана, Киргизии, Таджикистана в результате чрезмерного выпаса, интенсивной обработки и аридизации климата отмечается усиление процессов деградации, засоления, разрушения почвенного и растительного покрова и в итоге прогрессирующее опустынивание [8–12].

Таким образом, исследования, направленные на сдерживание процессов опустынивания земель, имеют большое государственное значение. Актуальность исследований состоит в необходимости выявления таких растений, которые смогут решить задачу не только сохранения, но и увеличения видового разнообразия и продуктивности пастбищ в аридных условиях. Эффективным направлением в решении данной проблемы может стать интродукция новых видов и форм кормовых растений из других регионов страны и дикой флоры. Сейчас во многих странах проводятся работы по сбору, сохранению и использованию генетических ресурсов растений в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в кормопроизводстве. Так, в Казахстане имеется богатая коллекция кормовых культур, в т. ч. на Приаральской опытной станции – 4019 образцов. В Узбекском НИИ каракулеводства и экологии пустынь собран и создан генофонд аридных кормовых растений, включающий 233 образца саксаула, 75 – чогона, 148 – терескена, 163 – кохии, 84 – солянки восточной [13].

В Астраханской области в Прикаспийском аграрном центре (ПАФНЦ РАН) проводятся многолетние исследования по интродукции кормовых растений из аридных регионов России и ближнего зарубежья в почвенно-климатические условия Северного Прикаспия [14–17].

В интродукционном питомнике ПАФНЦ РАН собраны аридные кормовые растения различных жизненных форм (травы, кустарники, деревья) семейств маревые (*Chenopodiaceae*), бобо-

вые (*Fabaceae*), мятликовые (*Poaceae*), лоховые (*Elaeagnaceae*), гречишные (*Polygonaceae*), астровые (*Asteraceae*).

Цель нашего исследования – провести интродукцию и адаптационную оценку многолетних кормовых растений из коллекции Узбекского НИИ каракулеводства и экологии пустынь для использования в реставрации аридных деградированных пастбищных экосистем в полупустынной зоне юга России.

Методология и методы исследования (Methods)

Климат в районе исследования резко континентальный, аридный: лето жаркое сухое, с дневными температурами 40–45 °С, в течение летнего периода суховеи занимают до 31–36 дней. Зима малоснежная, теплая, среднемесячная температура составляет от –0,9 до –2,5 °С. Годовое количество осадков в среднем по годам варьирует от 180 до 280 мм. ГТК периода вегетации исследуемых растений (конец февраля – начало ноября) составил 0,33, что определило зону увлажнения региона исследования как сухую.

Почвы участка под питомником многолетних кормовых растений светло-каштановые, по гранулометрическому составу преимущественно легко- и среднесуглинистые, местами супесчаные, имеют слабощелочную реакцию (7,9–8,1), уровень плодородия – от очень низкого (гумус 0,91 %) до низкого (1,2 %).

Изучение многолетних кормовых растений проводилось в питомнике интродукции древесно-кустарниковых растений ПАФНЦ РАН, который был создан в сотрудничестве и использовании семенного материала ТОО «Юго-Западный НИИ животно-

Таблица 1
Состав питомника кормовых растений Узбекского НИИ каракулеводства и экологии пустынь

Название вида, сорт	Жизненные формы растений
Камфоросма марсельская дикорастущая	Полукустарник
Терескен Эверсмана, сорт Тулкин	Кустарник
Черкез Палецкого (солянка Палецкого) дикорастущий	Кустарник
Чогон (галотамнус, солянка малолистные), сорт Жайхун	П/кустарник
Полынь развесистая, сорт Дилбар	П/кустарничек
Изень (кохия, прутняк), сорт Отавный	П/кустарничек
Кейреук (солянка восточная), сорт Первенец Карнаба	Кустарник
Саксаул черный (безлистный), сорт Нортуга	Кустарник

Table 1
The composition of the forage plant nursery of the Uzbek Research Institute of Karakul Breeding and Desert Ecology

Species name, variety	Plantlife forms
<i>Camphorosma monspeliaca</i> L., <i>agrestic</i>	<i>Shrub</i>
<i>Krascheninnikovia ewersmanniana</i> (Stschegl. ex Losinsk.), <i>variety Tulkin</i>	<i>Bush</i>
<i>Salsola Paletziana</i> Litw, <i>agrestic</i>	<i>Bush</i>
<i>Halothamnus subaphyllus</i> (C.A. Mey.) Botsch., <i>variety Zhaykhun</i>	<i>Shrub</i>
<i>Artemisia diffusa</i> L., <i>variety Dilbar</i>	<i>Shrub</i>
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad., <i>variety Otavnyy</i>	<i>Shrub</i>
<i>Salsola orientalis</i> SG Gmel., <i>variety Pervenets Karnaba</i>	<i>Bush</i>
<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkw.) Iljin, <i>variety Nortuya</i>	<i>Bush</i>

водства и растениеводства» (Казахстан) и Узбекского НИИ каракулеводства и экологии пустынь, АУ РК «КАЛМЛЕС» (Калмыкия) (таблица 1).

Общая площадь делянки под один вид – 5,6 м², посев рядовой с междурядьем – 1,4 м. Техника посева – ручная. Глубина заделки семян: саксаул, кейреук – 0,5–1 см, остальные кустарники – 3–4 см. Все посеы – в трех повторностях.

Исследования проводились по общепринятым методикам И. Г. Грингофа и Ю. С. Лынова (1991) (фенология), ВНИИ кормов (2015) (урожайность), Б. А. Доспехова (1985) (зимостойкость, оценка состояния посева, учет поражения болезнями, повреждение вредителями), ВИР (1985) (оценка реакции растений на засуху). Агрохимический анализ почвы и растений проводился в Государственном центре агрохимической службы «Астраханский»

(г. Астрахань). Расчет обменной энергии и энергетической кормовой единицы (ЭКЕ) в кормовой массе проводился по методике ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста [18]

Результаты (Results)

Посев кормовых растений проводился 18.03.2021 года. Климатические условия посева: температура воздуха +1 °С; температура почвы в слое 0–0,1 м составила +3 °С; сумма продуктивного запаса влаги в слое 0–0,3 м – 15,9 мм. После посева в течение 4 дней осадки составили 40 мм. Таким образом, можно констатировать, что условия для начала вегетации исследуемых растений были удовлетворительными.

В период вегетации растений в питомнике проводились исследования продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см (рис. 1).

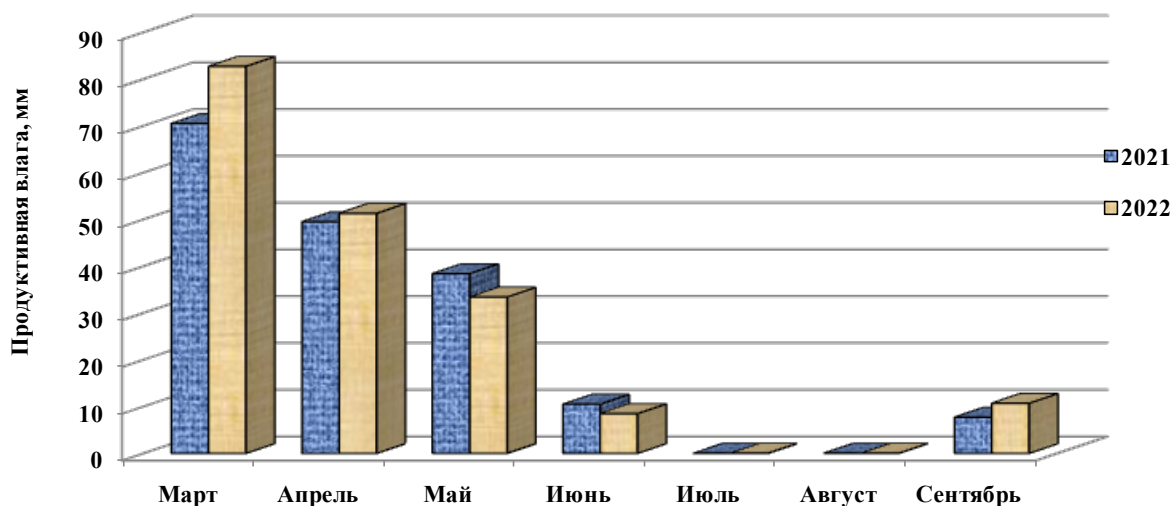


Рис. 1. Наличие продуктивной влаги (мм) в слое почвы 0–100 см на участке питомника в период исследования (2021–2022 гг.)

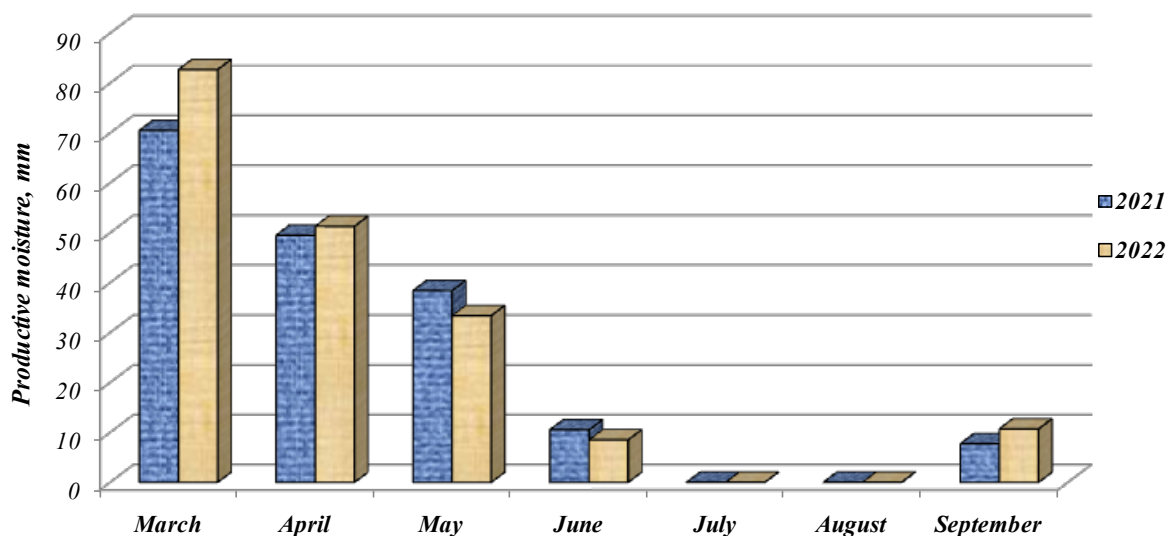


Fig. 1. The presence of productive moisture (mm) in the soil layer 0–100 cm at the nursery site during the study period (2021–2022)

Таблица 2

Даты начала прохождения фенологических фаз кормовых растений

Название вида (русский), сорт	Всходы/отрастание на 2-й год	Бутонизация 1-й год / 2-й год	Цветение 1-й год / 2-й год	Плодоношение / конец вегетации
Камфоросма дикорастущая	30.04/28.02	29/15.07	14/3.08	10.10/1.12
Терескен Эверсмана, сорт Тулкин	25.04/31.03	9.08/10.07	31/1.08	14.10/1.12
Черкез Палецкого, дикорастущий	25.04/17.04	25.08/5.07	22.09/1.08	15.09/3.11
Чогон, сорт Жайхун	25.04/10.04	10/8.07	13/10.08	20.09/3.11
Полынь развесистая, сорт Дилбар	10.05/1.04	7/17.08	14/5.10	27.10/1.12
Изень, сорт Отавный	25.04/28.02	11.08/10.07	2.09/1.08	12.10/1.12
Кейреук, сорт Первенец Карнаба	25.04/3.04	7-10.07	15/15.08	01.10/1.12
Саксаул черный, сорт Нортуга	25.04/17.04	–	–	–/20.10

Agrotechnologies

Table 2

Dates of the beginning of the passage of the phenological phases of fodder plants

Speciesname, variety	Seedlings/regrowth in the 2 nd year	Budding 1 st year / 2 nd year	Flowering 1 st year / 2 nd year	Fruiting / end of growing season
<i>Camphorosma monspeliaca</i> L., <i>agrestic</i>	30.04/28.02	29/15.07	14/3.08	10.10/1.12
<i>Krascheninnikovia ewersmanniana</i> (Stschegl. ex Losinsk.), variety <i>Tulkin</i>	25.04/31.03	9.08/10.07	31/1.08	14.10/1.12
<i>Salsola Paletziana</i> Litw, <i>agrestic</i>	25.04/17.04	25.08/5.07	22.09/1.08	15.09/3.11
<i>Halothamnus subaphyllus</i> (C.A. Mey.) Botsch., variety <i>Zhaykhun</i>	25.04/10.04	10/8.07	13/10.08	20.09/3.11
<i>Artemisia diffusa</i> L., variety <i>Dilbar</i>	10.05/1.04	7/17.08	14/5.10	27.10/1.12
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad., variety <i>Otavnyy</i>	25.04/28.02	11.08/10.07	2.09/1.08	12.10/1.12
<i>Salsola orientalis</i> SG Gmel., variety <i>Pervenets Karnaba</i>	25.04/3.04	7-10.07	15/15.08	01.10/1.12
<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkw.) Iljin, variety <i>Nortuya</i>	25.04/17.04	–	–	–/20.10

По результатам было выявлено, что в периоды всходов (первый год) и начала возобновления (второй год) кормовых кустарников (март) наличие продуктивной влаги в почве было в пределах 70–83 мм, что по агрономическим характеристикам является очень низким запасом. В дальнейшем, в период активного роста и развития, этот запас снижается от 49–51 мм в апреле, 33–38 мм в мае, 8–10 мм в июне и до нуля в июле и августе. Эти данные показывают крайне засушливые условия произрастания исследуемых кустарников.

В период роста и развития растений были отмечены даты начала прохождения вегетационных фаз (таблица 2).

Проведенный анализ зимостойкости изучаемых кустарников показал, что все растения в регионе исследования имели по этому показателю 5 баллов из 5 (нет погибших растений).

Учет поражения болезнями и повреждение вредителями изучаемых растений проводился весь период вегетации, и по 5-балльной шкале было оценено в 0 баллов (отсутствие повреждений).

По датам прохождения фенологических фаз изучаемых растений было определено, что они, имея одинаковый фенологический спектр (200–230 дней), долго набирают кормовую массу и кру-

глый год являются источником высокопитательного хорошо поедаемого корма.

Поскольку изучаемые растения в естественных условиях являются позднеспелыми, исследование состояния посевов и реакции растений на засуху проводили по методике Б. А. Доспехова (1985) в период очень сильной воздушной и почвенной засухи – 28 июля и 7 сентября (таблица 3).

По годам исследования было отмечено, что в начале засушливого периода (июль) все растения имели отличное состояние посевов (5 баллов) и очень слабую реакцию на засуху (1 балл). В дальнейшем, в сентябре, у всех растений отмечалось пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев (3 балла).

Исследование высоты кустарников на второй год вегетации выявило более высокорослые растения, такие как черкез, чогон, изень, которые имеют достоверную разницу с остальными кустарниками. Проведенные сравнительные исследования роста кустарников по годам жизни (рис. 2) показали, что на второй год вегетации высота надземной части саксаула черного и полыни развесистой увеличилась в 2 раза, а такие кустарники, как камфоросма, терескен, черкез, чогон, изень и кейреук, две трети роста достигают в первый год вегетации.

В конце июня был произведен срез зеленой массы кустарников на урожайность и получены данные по выходу сухого вещества (таблица 4).

На второй год жизни наиболее урожайными по зеленой массе были изень, чогон и кейреук – 38,7, 25,0, 32,7 т/га соответственно. Саксаул черный за вегетацию нарастил меньшую массу – 5,7 т/га. Показатели урожайности зеленой массы достоверно

отличались между видами растений. Однако, учитывая, что все исследуемые растения имеют различное содержание влаги, было проведено сравнение урожайности по сухому веществу. В результате было выявлено, что урожайность СВ камфоросмы, терескена и кейреука имеет различие в пределах ошибки.

Таблица 3
Изучение кормовых кустарников, 2021–2022 гг.

Название вида, сорт	Состояние посевов на 28.07/07.09		Высота надземной части, м	
	Состояние посева, балл*	Реакция на засуху, балл**	2021 г.	2022 г.
Камфоросма дикорастущая	5/3	1/3	0,69	0,94
Терескен Эверсмана, сорт Тулкин	5/3	1/3	0,60	0,96
Черкез Палецкого, дикорастущий	5/3	1/3	0,82	1,29
Чогон, сорт Жайхун	5/3	1/3	0,98	1,27
Полынь развесистая, сорт Дилбар	5/3	1/3	0,34	0,77
Изень, сорт Отавный	5/3	1/3	0,92	1,14
Кейреук, сорт Первенец Карнаба	5/3	1/3	0,54	0,82
Саксаул черный, сорт Нортуга	5/3	1/3	0,47	0,97
Ошибка выборки (95%)			±0,05	±0,06
НСР ₀₅			0,15	0,19

* Визуальная оценка состояния посева по 5-балльной шкале, в одни и те же часы, при расположении солнца «за спиной»: 0 – полная гибель, 1 – очень плохое, 2 – плохое, 3 – удовлетворительное, 4 – хорошее, 5 – отличное (Б. А. Доспехов, 1985).

** Оценка реакции растений на засуху по 9-балльной шкале: 1 – очень слабая (незначительное пожелтение некоторых прикорневых листьев), 3 – слабая (пожелтение всех прикорневых листьев), 5 – средняя (пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев), 7 – сильная (пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев и потеря тургора зелеными листьями), 9 – очень сильная (пожелтение листьев, потеря ими тургора и недоразвитие генеративных органов, т. е. соцветия не выходят из влагалищ верхнего листа) (методика ВИР, 1985).

Table 3
Study of fodder shrubs, 2021–2022

Species name, variety	The state of crops on 28.07/07.09		Height of the above-ground part, m	
	Seeding status, score*	Drought response, score**	2021	2022
<i>Camphorosma monspeliaca</i> L., <i>agrestic</i>	5/3	1/3	0.69	0.94
<i>Krascheninnikovia ewersmanniana</i> (Stschegl. ex Losinsk.), variety <i>Tulkin</i>	5/3	1/3	0.60	0.96
<i>Salsola Paletziana</i> Litw, <i>agrestic</i>	5/3	1/3	0.82	1.29
<i>Halothamnus subaphyllus</i> (C.A. Mey.) Botsch., variety <i>Zhaykhun</i>	5/3	1/3	0.98	1.27
<i>Artemisia diffusa</i> L., variety <i>Dilbar</i>	5/3	1/3	0.34	0.77
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad., variety <i>Otavnyy</i>	5/3	1/3	0.92	1.14
<i>Salsola orientalis</i> SG Gmel., variety <i>Pervenets Karnaba</i>	5/3	1/3	0.54	0.82
<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkw.) Iljin, variety <i>Nortuya</i>	5/3	1/3	0.47	0.97
Samplin gerror (95%)			±0.05	±0.06
LSD ₀₅			0.15	0.19

* Visual assessment of the state of sowing on a 5-point scale, at the same hours, when the sun is “behind the back”: 0 – complete loss, 1 – very bad, 2 – bad, 3 – satisfactory, 4 – good, 5 – excellent (B. A. Dospekhov, 1985).

** Assessment of plant response to drought on a 9-point scale: 1 – very weak (slight yellowing of some basal leaves), 3 – weak (yellowing of all basal leaves), 5 – medium (yellowing of basal and lower stem leaves), 7 – strong (yellowing of basal and lower stem leaves and loss of turgor by green leaves), 9 – very strong (yellowing of the leaves, loss of turgor and underdevelopment of the generative organs, i. e. the inflorescence does not come out of the upper leaf sheaths). (VIR method, 1985).

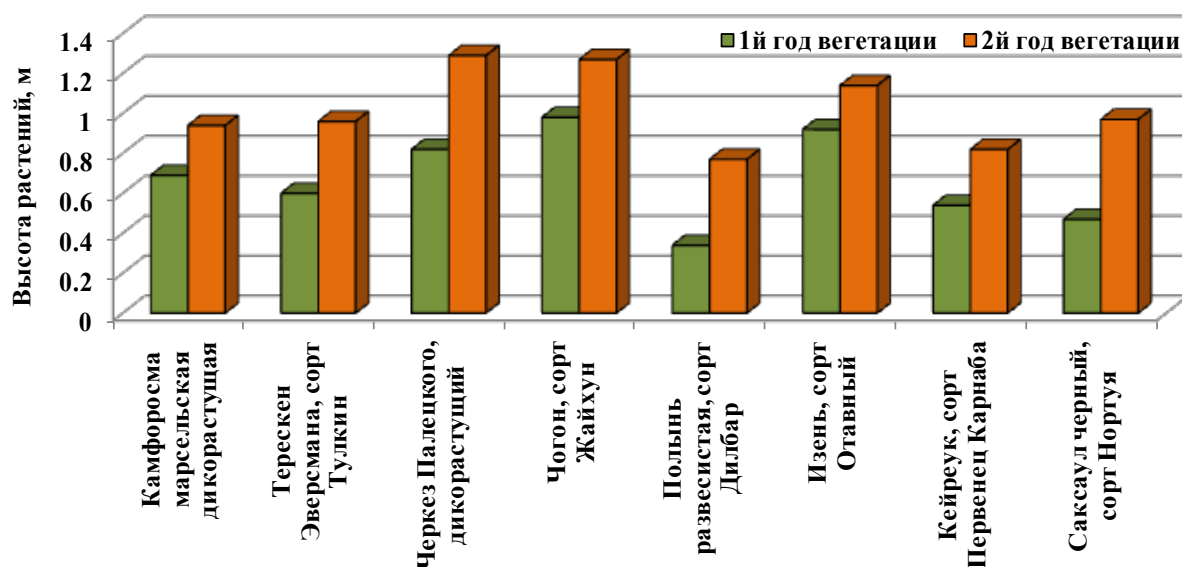


Рис. 2. Динамика высоты растений кормовых кустарников, 2021–2022 гг.

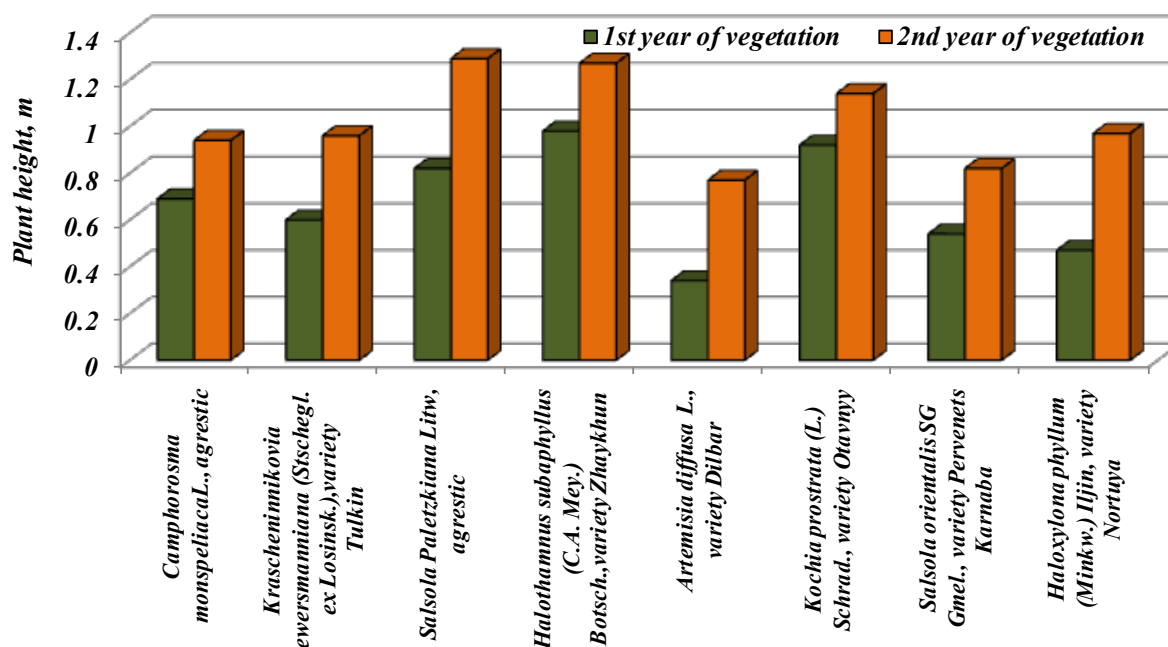


Fig. 2. Dynamics of plant height of fodder shrubs, 2021–2022

Таблица 4

Урожайность кормовых кустарников второго года жизни, 2022 г.

Название вида (русский), сорт	Урожайность, т/га		Выход сухого вещества, %
	Зеленая масса	Сухая масса	
Камфоросма дикорастущая	17,9	7,2	40,1
Терескен Эверсмана, сорт Тулкин	19,1	8,1	42,3
Через Палецкого, дикорастущий	16,1	4,1	25,5
Чогон, сорт Жайхун	25,0	5,4	21,6
Польнь развесистая, сорт Дилбар	9,2	3,5	38,5
Изень, сорт Отавный	38,7	15,1	39,1
Кейреук, сорт Первенец Карнаба	32,7	7,3	22,2
Саксаул черный, сорт Нортуя	5,7	1,0	17,5
НСР ₀₅	2,3	1,3	

Table 4
Productivity of fodder shrubs of the second year of life, 2022

Speciesname, variety	Productivity, t/ha		Dry matter yield, %
	Green mass	Dry weight	
<i>Camphorosma monspeliaca</i> L., agrestic	17.9	7.2	40.1
<i>Krascheninnikovia ewersmanniana</i> (Stschegl. ex Losinsk.), variety Tulkin	19.1	8.1	42.3
<i>Salsola Paletziana</i> Litw, agrestic	16.1	4.1	25.5
<i>Halothamnus subaphyllus</i> (C.A. Mey.) Botsch., variety Zhaykhun	25.0	5.4	21.6
<i>Artemisia diffusa</i> L., variety Dilbar	9.2	3.5	38.5
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad., variety Otavnyy	38.7	15.1	39.1
<i>Salsola orientalis</i> SG Gmel., variety Pervenets Karnaba	32.7	7.3	22.2
<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkw.) Iljin, variety Nortuya	5.7	1.0	17.5
LSD ₀₅	2.3	1.3	

Агротехнологии

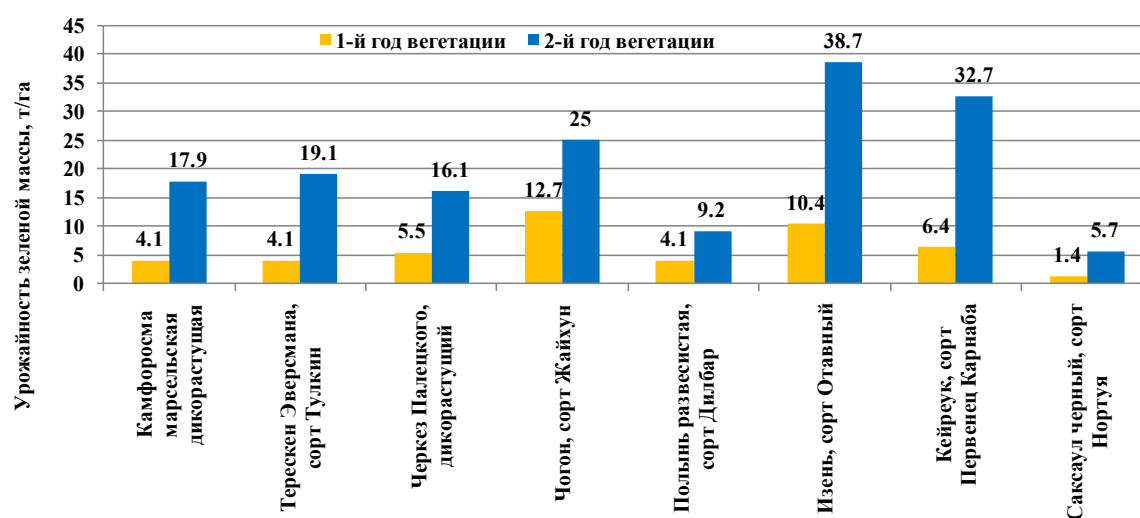


Рис. 3. Динамика урожайности зеленой массы кормовых кустарников, 2021–2022 гг.

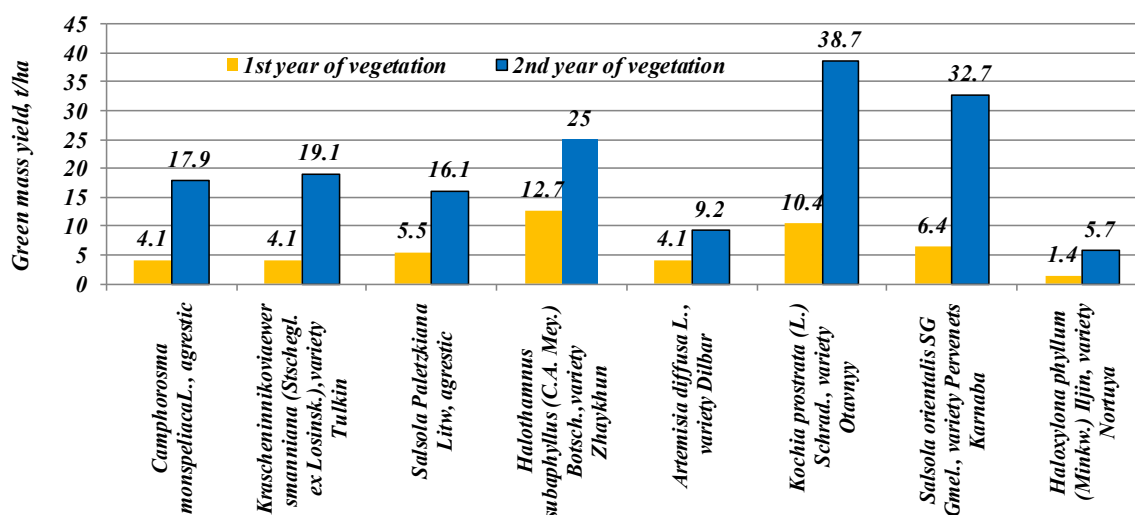


Fig. 3. Dynamics of the yield of green mass of fodder shrubs, 2021–2022

Исследуя динамику урожайности по годам, было выявлено, что во второй год жизни все кустарники увеличили свою зеленую массу в среднем в 2–5 раз (рис. 3). Наибольшая прибавка массы отмечена у изеня, камфоросмы, терескена, кейреука и

саксаула, т. е. увеличение роста растений не всегда соответствовало увеличению и зеленой массы. Это показывает, что высокопродуктивные кустарники набирают зеленую массу за счет сложных (ветвящихся) побегов.

Содержание питательных веществ в сухой массе кормовых кустарников второго года жизни, 2022 г.

Название вида, сорт	Содержание в 1 кг				
	Сырой протеин, кг	Сырой жир, кг	Сырая клетчатка, кг	БЭВ, кг	ЭКЕ
Камфоросма дикорастущая	0,141	0,040	0,254	0,365	0,842
Терескен Эверсмана, сорт Тулкин	0,140	0,014	0,248	0,419	0,842
Черкез Палецкого, дикорастущий	0,128	0,012	0,162	0,421	0,802
Чогон, сорт Жайхун	0,130	0,013	0,206	0,430	0,825
Полынь развесистая, сорт Дилбар	0,099	0,075	0,239	0,491	0,972
Изень, сорт Отавный	0,133	0,022	0,293	0,419	0,852
Кейреук, сорт Первенец Карнаба	0,145	0,021	0,182	0,428	0,869
Саксаул черный, сорт Нортюя	0,122	0,015	0,151	0,467	0,845
Естественная растительность пастбищ	0,119	0,024	0,186	0,354	0,731
НСР ₀₅	0,003	0,003	0,018	0,01	0,017

Table 5
The content of nutrients in the dry mass of fodder shrubs of the second year of life, 2022

Speciesname, variety	Content in 1 kg				
	Crude protein, kg	Raw fat, kg	Raw fiber, kg	Nitrogen free extractive substances, kg	Energy feed unit
<i>Camphorosma monspeliaca</i> L., agrestic	0.141	0.040	0.254	0.365	0.842
<i>Krascheninnikovia ewersmanniana</i> (Stschegl. ex Losinsk.), variety Tulkin	0.140	0.014	0.248	0.419	0.842
<i>Salsola Paletziana</i> Litw, agrestic	0.128	0.012	0.162	0.421	0.802
<i>Halothamnus subaphyllus</i> (C.A. Mey.) Botsch., variety Zhaykhun	0.130	0.013	0.206	0.430	0.825
<i>Artemisia diffusa</i> L., variety Dilbar	0.099	0.075	0.239	0.491	0.972
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad., variety Otavnyy	0.133	0.022	0.293	0.419	0.852
<i>Salsola orientalis</i> SG Gmel., variety Pervenets Karnaba	0.145	0.021	0.182	0.428	0.869
<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkw.) Iljin, variety Nortuya	0.122	0.015	0.151	0.467	0.845
<i>Camphorosma monspeliaca</i> L., agrestic	0.119	0.024	0.186	0.354	0.731
LSD ₀₅	0.003	0.003	0.018	0.01	0.017

По плану исследования в агрохимической лаборатории был проведен анализ растительных образцов исследуемых кустарников на питательную ценность и произведен расчет энергетической кормовой единицы (ЭКЕ) (таблица 5).

В результате исследований было выявлено:

1) по количеству сырого протеина в 1 кг корма выделился кустарник кейреук (0,145 кг). В сравнении с естественной растительностью пастбищ исследуемые кустарники, кроме саксаула и полыни, имеют достоверное превышение на 0,009–0,026 кг;

2) большее количество сырого жира в 1 кг кормовой массы имеет полынь (0,075 кг), меньшее – черкез Палецкого (0,012 кг), вместе с которым в пределах ошибки имеют в составе кормовой массы

сырой жир 0,014, 0,013 и 0,015 кг терескен, чогон и саксаул соответственно;

3) из всех изучаемых кормовых кустарников выделялись как более мягкий корм (с низким содержанием клетчатки) саксаул (0,151 кг), как более грубый – изень, камфоросма и терескен (0,293; 0,254 и 0,248 кг соответственно);

4) по наличию в корме БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ), основу которых составляют пентозаны, в т. ч. сахара и крахмал, все кормовые кустарники имеют достоверную положительную разницу с естественным травостоем на 0,071–0,241 кг;

5) все кормовые кустарники имеют достоверно высокий показатель ЭКЕ (энергетическая кормовая единица): 0,802–0,972, в т. ч. были выделены наибо-

лее энергоемкие растения: полынью развесистая сорта Дилбар (0,972 ЭКЕ) и кейреук сорта Первенец Карнаба (0,869 ЭКЕ).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В итоге проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. В современных условиях повышения аридности климата на светло-каштановых слабощелочных почвах с низким уровнем плодородия все изучаемые растения имели высший балл (5) зимостойкости, отличное состояние посевов (5 баллов) и отсутствие повреждений вредителями и болезнями.

2. Изучаемые растения, имея одинаковый фенологический спектр (200–230 дней), долго набирают кормовую массу и круглый год являются источником хорошо поедаемого корма.

3. Отмечена высокая засухоустойчивость растений питомника, поскольку весь весенне-летний период все виды коллекции имели очень слабую реакцию на засуху (1 балл), и только к сентябрю у всех растений отмечалось пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев (3 балла).

4. На второй год вегетации высота растений составила 0,82–1,29 м, в т. ч. были отмечены наиболее высокорослые растения, такие как черкез, чогон и изень, которые имели высоту надземной части 1,14–1,29 м, что будет способствовать задержанию снега на пастбище.

5. На второй год вегетации высота надземной части саксаула черного и полыни развесистой увеличилась в 2 раза, а такие кустарники, как камфоросма, терескен, черкез, чогон, изень и кейреук, две трети роста достигают в первый год вегетации;

6. Во второй год жизни все кустарники увеличили свою зеленую массу в среднем в 2–5 раз, наиболее урожайными были изень, чогон и кейреук – 38,7, 25,0, 32,7 т/га соответственно, меньшую массу (5,7 т/га) за вегетацию нарастил саксаул черный.

7. Все кормовые кустарники имеют достоверно высокий показатель ЭКЕ (0,802–0,972), в т. ч. были выделены наиболее энергоемкие растения: полынью развесистая сорта Дилбар (0,972 ЭКЕ) и кейреук сорта Первенец Карнаба (0,869 ЭКЕ).

Библиографический список

- Кулик К. Н. К 30-летию Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 5–12.
- Tumanyan A. F., Khairova N. I., Vvedenskiy V. V., Tyutyuma N. V., Bulahtina G. K. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 10. No. 12. Pp. 3198–3200.
- Кулик К. Н., Петров В. И., Юферев В. Г., Ткаченко Н. А., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16–24. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10091.
- Дорошенко В. В. Об опустынивании на Юге России // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 10-1. С. 114–117. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-10-1-114-117.
- Дорошенко В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 31–36.
- Шакенова Ж. К. Опустынивание – проблема Казахстана // Colloquium-journal. 2019. № 9 (33). С. 30–31. DOI: 10.24411/2520-6990-2019-10218.
- Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 17. № 7. С. 270–275.
- Кульжанова С. Н., Байдюсен А. А., Ботабекова Б. Т., Жумадилова Н. Б., Кенжегулова С. О. Особенности влияния антропогенных факторов на степные растения и их трансформация // Кормопроизводство. 2017. № 7. С. 7–12.
- Золотов Д. В., Черных Д. В., Бирюков Р. Ю., Першин Д. К., Малыгина Н. С., Грибков А. В. Изменение землепользования в Алтайском крае: проблемы и перспективы достижения Нейтрального Баланса Деградация Земель // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 25–33. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10092.
- Бобушев Т. С., Султаналиев К. Э. Оценка и адаптация подхода НБДЗ к классификации земельных ресурсов в Кыргызской Республике // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 43–47. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10094.
- Дедова Э. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель Республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 63–71.
- Бананова В. А., Лазарева В. Г., Менкеев В. С-Г. Процессы опустынивания растительного покрова Северо-Западного Прикаспия и пути его восстановления // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2019. № 1 (38). С. 14–16. DOI: 10.24411/2071-7830-2019-1000410004.
- Сеиткаримов А., Еспанов А., Паржанов Ж. А., Сартаев А. Формирование, изучение и использование генофонда аридных культур // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 4 (14). С. 14–23.

14. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах // Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13.

15. Булахтина Г. К., Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А. Результаты исследований различных приемов создания кормовых угодий в аридном регионе Северного Прикаспия // Аграрный вестник Урала. 2021. № 6 (209). С. 2–12. DOI: 10.32417/199-4868-2021-209-06-2-11.

16. Булахтина Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11.

17. Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А. Выращивание посадочного материала джужгуна безлистного в Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 32–36. DOI: 10.28983/asj.y2022i7pp32-36.

18. Кирилов М. П., Махаев Е. А., Первов Н. Г., Пузанова В. В., Аникин А. С. Методика расчета обменной энергии в кормах на основе содержания сырых питательных веществ (для крупного рогатого скота, овец и свиней) [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293764/4293764645.htm> (дата обращения: 25.10.2022).

Об авторе:

Галина Константиновна Булахтина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом рационального природопользования, ORCID 0000-0001-8949-8666, AuthorID 861367; +7 927 553-28-22, gbulaht@mail.ru

¹ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Солёное Займище, Россия

Selection of fodder shrubs for the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems

G. K. Bulakhtina¹✉

¹ Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zaymishche, Russia

✉ E-mail: gbulaht@mail.ru

Abstract. The purpose. the study is aimed at the introduction and adaptive assessment of perennial fodder plants from the collection of the Uzbek Research Institute of Karakul Breeding and Desert Ecology for use in the restoration of arid degraded pasture ecosystems in the semi-desert zone of southern Russia. **Methods.** An assessment was made of adaptive capabilities, including: response to drought, frost resistance, productivity, nutritional value of fodder shrubs of the families *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*, *Elaeagnaceae*, *Polygonaceae*, *Asteraceae* from the collection of the Uzbek Research Institute astrakhan breeding and desert ecology in modern conditions of climate aridization on light chestnut soils of the Astrakhan region. **Results.** The studies were carried out in arid climatic conditions on infertile soils (humus content – 0.91–1.2 %). In the second year of vegetation, the plant height was 0.82–1.29 m, which will contribute to the retention of snow on the pasture. All studied fodder shrubs had a significantly high energy feed unit index – 0.802–0.972 and a green mass yield of 5.7–38.7 t/ha, respectively, a smaller weight (5.7 t/ha) during the growing season was increased by *Haloxylon aphyllum*. **Scientific novelty.** All the studied introduced shrubs showed a high adaptive life potential in the arid semi-desert conditions of the study region, including high drought resistance, undemanding soil fertility, a long growing season (200–230 days) and high energy capacity, which exceeded the energy feed unit of the natural grass stand by 0.07–0.24. The use of these shrubs in the restoration of degraded pastures will increase their species diversity, productivity and nutritional value. All this will make it possible not only to increase the fodder capacity of reclaimed pastures, but also to improve their reclamation state, due to snow retention.

Keywords: desertification, semi-desert pasture ecosystems, fodder shrubs, nutritional value, productivity.

For citation: Bulakhtina G. K. Podbor kormovykh kustarnikov dlya restavratsii degradirovannykh polupustynnykh pastbishchnykh ekosistem [Selection of fodder shrubs for the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-2-13. (In Russian.)

Date of paper submission: 27.01.2023, **date of review:** 14.02.2023, **date of acceptance:** 20.02.2023.

References

1. Kulik K. N. K 30-letiyu General'noy skhemy po bor'be s opustynivaniem Chernykh zemel' i Kizlyarskikh pastbishch [To the 30th anniversary of the General Scheme to Combat Desertification of the Black Lands and Kizlyar Pastures] // *Arid Ecosystems*. 2018. T. 24. No. 1 (74). Pp. 5–12. (In Russian.)
2. Tumanyan A. F., Khairova N. I., Vvedenskiy V. V., Tyutyuma N. V., Bulahtina G. K. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2018. Vol. 10. No. 12. Pp. 3198–3200.
3. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Shinkarenko S. S. Geoinformatsionnyy analiz opustynivaniya Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Geoinformation analysis of desertification in the North-Western Caspian region] // *Arid Ecosystems*. 2020. Vol. 26. No. 2 (83). Pp. 16–24. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10091. (In Russian.)
4. Doroshenko V. V. Ob opustynivanii na Yuge Rossii [About desertification in the South of Russia] // *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2022. No. 10-1. Pp. 114–117. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-10-1-114-117. (In Russian.)
5. Doroshenko V. V. Geoinformatsionnyy analiz razvitiya protsessov opustynivaniya v Stavropol'skom krae [Geoinformation analysis of the development of desertification processes in the Stavropol Territory] // *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*. 2022. No. 3 (118). Pp. 31–36. (In Russian.)
6. Shakenova Zh. K. Opustynivanie – problema Kazakhstana [Desertification is a problem in Kazakhstan] // *Colloquium-journal*. 2019. No. 9 (33). Pp. 30–31. DOI: 10.24411/2520-6990-2019-10218. (In Russian.)
7. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A. Posledstviya pyl'nykh bur' na yuge evropeyskoy chasti Rossii v sentyabre-oktyabre 2020 g. [Consequences of dust storms in the south of the European part of Russia in September-October 2020] // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2021. Vol. 17. No. 7. Pp. 270–275. (In Russian.)
8. Kul'zhanova S. N., Baydyusen A. A., Botabekova B. T., Zhumadilova N. B., Kenzhegulova S. O. Osobennosti vliyaniya antropogennykh faktorov na stepnye rasteniya i ikh transformatsiya [Features of the influence of anthropogenic factors on steppe plants and their transformation] // *Kormoproizvodstvo*. 2017. No. 7. Pp. 7–12. (In Russian.)
9. Zolotov D. V., Chernykh D. V., Biryukov R. Yu., Pershin D. K., Malygina N. S., Gribkov A. V. Izmenenie zemlepol'zovaniya v Altayskom krae: problemy i perspektivy dostizheniya Neytral'nogo Balansa Degradatsii Zemel' [Land use change in the Altai Territory: problems and prospects for achieving the Neutral Balance of Land Degradation] // *Arid Ecosystems*. 2020. Vol. 26. No. 2 (83). Pp. 25–33. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10092. (In Russian.)
10. Bobushev T. S., Sultanaliev K. E. Otsenka i adaptatsiya podkhoda NBDZ k klassifikatsii zemel'nykh resursov v Kyrgyzskoy Respublike [Assessment and adaptation of the NBDZ approach to the classification of land resources in the Kyrgyz Republic] // *Arid Ecosystems*. 2020. Vol. 26. No. 2 (83). Pp. 43–47. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10094. (In Russian.)
11. Dedova E. B., Gol'dvarg B. A., Tsagan-Mandzhiev N. L. Degradatsiya zemel' Respubliki Kalmykiya: problemy i puti ikh vosstanovleniya [Land degradation of the Republic of Kalmykia: problems and ways of their restoration] // *Arid Ecosystems*. 2020. Vol. 26. No. 2 (83). Pp. 63–71. (In Russian.)
12. Bananova V. A., Lazareva V. G., Menkeev V. S.-G. Protsessy opustynivaniya rastitel'nogo pokrova Severo-Zapadnogo Prikaspiya i puti ego vosstanovleniya [The processes of desertification of the vegetation cover of the North-Western Caspian region and ways of its restoration] // *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy*. 2019. No. 1 (38). Pp. 14–16. DOI: 10.24411/2071-7830-2019-1000410004. (In Russian.)
13. Seitkarimov A., Espanov A., Parzhanov Zh. A., Sartaeov A. Formirovanie, izuchenie i ispol'zovanie genofonda aridnykh ku'tur [Formation, study and use of the gene pool of arid crops] // *Sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*. 2021. No. 4 (14). Pp. 14–23. (In Russian.)
14. Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprigrorov Yu. N. Issledovanie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikov dlya sozdaniya zoomeliorativnykh nasazhdeniy v polupustynnykh pastbishchnykh ekosistemakh [Study of the adaptive potential of fodder shrubs for the creation of zoo-meliorative plantations in semi-desert pasture ecosystems] // *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2021. No. 1 (61). Pp. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13. (In Russian.)
15. Bulakhtina G. K., Podoprigrorov Yu. N., Khyupinin A. A. Rezul'taty issledovaniy razlichnykh priemov sozdaniya kormovykh ugodiy v aridnom regione Severnogo Prikaspiya [The results of research on various methods of creating fodder lands in the arid region of the Northern Caspian Sea] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 6 (209). Pp. 2–12. DOI: 10.32417/199-4868-2021-209-06-2-11. (In Russian.)
16. Bulakhtina G. K. Izuchenie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikov dlya ispol'zovaniya v vosstanovlenii degradirovannykh polupustynnykh pastbishchnykh ekosistem [Study of the adaptive potential

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

17. Podoprigorov Yu. N., Khyupinin A. A. Vyrashchivanie posadochnogo materiala dzhuzguna bezlistnogo v Astrakhanskoj oblasti [Cultivation of planting material of leafless dzhuzgun in the Astrakhan region] // Agrarian Scientific Journal. 2022. No. 7. Pp. 32–36. DOI: 10.28983/asj.y2022i7pp32-36. (In Russian.)

18. Kirilov M. P., Makhaev E. A., Pervov N. G., Puzanova V. V., Anikin A. S. Metodika rascheta obmennoj energii v kormakh na osnovesoderzhaniya syrykh pitatel'nykh veshchestv (dlya krupnogo rogatogo skota, ovets i sviney) [Method for calculating the exchange energy in feed based on raw nutrient content (for cattle, sheep and pigs)] [e-resource]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293764/4293764645.htm> (date of reference: 25.10.2022). (In Russian.)

Author's information:

Galina K. Bulakhtina¹, candidate of agricultural sciences, head of the department of environmental management, ORCID 0000-0001-8949-8666, AuthorID 861367; +7 927 553-28-22, gbulaht@mail.ru

¹Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zaymishche, Russia

Эффективные технологии восстановления деградированных земель и создания высококачественных сенокосов в бассейне реки Дон

М. В. Власенко[✉], С. Ю. Турко¹, Л. П. Рыбашлыкова¹

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

✉ E-mail: vlasencomarina@mail.ru

Аннотация. Научная новизна и практическая значимость. Нарастание темпов процессов деградации почв в южных регионах России делает актуальной задачу повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, стабилизации экосистем и восстановления потенциально ценной кормовой растительности. Фитомелиоративная реконструкция низкопродуктивных земель имеет большое практическое значение для обеспечения устойчивого развития региона и национальной продовольственной безопасности.

Цель исследований – выявить эффективность фитомелиоративных работ, направленных на повышение продуктивности и сохранение аборигенного биоразнообразия сенокосов в условиях сухой степи бассейна реки Дон. **Методы.** Фитомелиоративная реконструкция сенокосов осуществлена осенью 2021 г. (Волгоградская область, Иловлинский район) путем посева травосмеси *Agropyron elongatum* + *Agropyron cristatum* + *Bromus inermis* на участках площадью 40 и 30 га. Обилие растений определялось по шкале оценки Друде. Индекс сходства видового состава фитоценозов рассчитан по формуле Жаккара. Продуктивность определялась укосным методом. **Результаты.** На фитомелиорированных сенокосах участка № 1 выявлено 36 видов трав из 18 семейств, участка № 2 – 34 вида из 18 семейств, на естественных сенокосах – 35 видов из 17 семейств. Индекс Жаккара показывает сходство фитоценозов на 30–33%. Наибольшее долевое участие по количеству видов (штук) в фитоценозе занимали виды семейств *Asteraceae* (30–33 %) и *Poaceae* (17–18 %). Но на формирование урожая наибольшее влияние оказали фитомелиоранты. Доля фитомелиорантов в общей фитомассе в разные сезоны была неодинаковой. Основную фитомассу составлял *Agropyron elongatum*: в мае его доля в фитоценозе достигала 53–71 %, в сентябре – 65–68 %. Фитомелиорированные участки оказались продуктивнее естественных в весенний период в 1,7–1,8, в летний период – в 1,5 раза, а в осенний период – в 1,8–2,2 раза. В среднем урожайность фитомелиорированных участков по сравнению с прошлым годом увеличилась в 1,6–1,9 раза и составила 305–317 г/м².

Ключевые слова: сенокосы, фитомелиорация, урожайность, видовое разнообразие, шкала Друде.

Для цитирования: Власенко М. В., Турко С. Ю., Рыбашлыкова Л. П. Эффективные технологии восстановления деградированных земель и создания высококачественных сенокосов в бассейне реки Дон // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 14–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-14-25.

Дата поступления статьи: 24.01.2023, **дата рецензирования:** 20.02.2023, **дата принятия:** 13.03.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Тенденции увеличения площадей деградированных территорий вызывает серьезную озабоченность сохранностью существующих ландшафтов, так как они при определенных условиях являются резервом для прогрессирования опустынивания [1, с. 8; 2, с. 8; 3, с. 273]. В прошлом веке в Евразии за 35-летний период площади пустынных и полупустынных ландшафтов расширились на 0,2 млрд га, в России – на 0,15 млрд га [4, с. 5]. Сильное опустынивание характерно для легких почв песчаного и супесчаного гранулометрического состава [5, с. 8]. Россия имеет высокую долю деградированных зе-

мель в южных регионах, где сосредоточены наиболее продуктивные земельные ресурсы с высоким биоклиматическим потенциалом [6, с. 88]. Основной адаптивного природопользования при нарастающем экологическом кризисе здесь является рациональное пастбищное природопользование, которое обеспечивает устойчивое эколого-экономическое развитие регионов.

Долгосрочная тенденция потери естественного растительного покрова и возникновение «островов» опустынивания обусловлены чрезмерной антропогенной нагрузкой (перевыпасом) и климатическими изменениями [7, с. 73]. Чем выше на

территории концентрация действующих животноводческих точек, тем интенсивнее происходят процессы деградации [8, с. 211]. Климатические условия и гетерогенность местообитаний обуславливают долговременные сукцессионные переходы жизненного цикла растительности [9, с. 37; 10, с. 19; 11, с. 64; 12, с. 85; 13, с. 16].

Фитомелиорация является одним из приемов по восстановлению агроресурсного потенциала и улучшению условий функционирования деградированных земель [14, с. 14; 15, с. 100]. Ее эффективность увеличивается при образовании взаимодействующей экосистемы, использующей энергетические ресурсы растительной фитомассы на всей агроландшафтной территории независимо от административных границ. Фитомелиорация включает последовательность локального выполнения работ и эффективные приемы создания устойчивого растительного покрова, ускорения естественного зарастания опустыненных площадей, снижения засоленности верхнего слоя почвы [16, с. 16; 17, с. 9]. Фитомелиоранты формируют высокий урожай поедаемой кормовой массы и наращивают его в течение 4–8 лет [18, с. 135; 19, с. 70]. Хорошо увеличивают продуктивность бобово-злаковые травосмеси, позволяя получать сбалансированные корма и способствуя повышению почвенного плодородия [20, с. 96].

Методология и методы исследования (Methods)

Цель работы – выявить эффективность проведенных фитомелиоративных работ, направленных на повышение продуктивности и сохранение абригенного биоразнообразия сенокосов.

Новизна исследований заключается в том, что анализ данных видового состава и урожайности восстановленных сенокосных участков в сравнении с естественными позволяет получить новые сведения о характере протекания сукцессионных процессов в восстановленных фитоценозах.

Исследования проводились в условиях сухой степи бассейна реки Дон (Волгоградская область, Качалино) (рис. 1).

Фитомелиоративная реконструкция сенокосных угодий была осуществлена осенью 2021 г. путем высева травосмеси *Agropyron cristatum* + *Agropyron elongatum* + *Bromus inermis* на участках № 1 (40 га) и № 2 (30 га) с нормой высева 12 кг/га. Участок № 3 был выбран как контроль для сравнения продуктивности и видового разнообразия естественных и улучшенных сенокосов.

Фитомелиоративные работы проводились по следующей схеме. Норма высева семян – 12 кг/га. Весь участок разбивался на полосы, ширина которых кратна ширине захвата посевного агрегата. Полосы ориентировались перпендикулярно направлению эрозионно-опасных ветров. В качестве основной обработки почвы проведена проти-

возрозионная плоскорезная вспашка на глубину 35–40 см. Перед посевом трав почву обрабатывали зубowymi боронами. Посев проводился посевным комплексом с одновременным внесением минерального удобрения. Вслед за посевом проводилось прикатывание. Эта технологическая операция улучшает контакт почвы с семенами, что в значительной мере ускоряет набухание семян и появление всходов. Технологическое решение предполагает, что максимальный прирост урожайности кормовых трав будет на 3–4-м году после проведения фитомелиоративных работ.

Описание растительности выполнялось с учетом высоты травостоя и проективного покрытия. Обилие растений определялось по шкале оценки Друде, где Un. – единственный экземпляр, Sol. – единично, Sp. – редко, Cop1 – довольно обильно, Cop2 – обильно, Cop3 – очень обильно, Soc. – сплошь.

Продуктивность фитоценозов определяли укосным методом. Отбор растительных образцов проводили в десятикратной повторности весной (май), летом (июль) и осенью (октябрь).

Индекс сходства видового состава фитоценозов рассчитан по формуле Жаккара и определяется как соотношение общего количества видов для двух сообществ к сумме видов, которые выявлены только в первом сообществе, только во втором сообществе, и общего числа видов для двух сообществ.

Результаты (Results)

Для территории характерна высокая сохранность экосистем. Естественные и слабоизмененные геосистемы составляют ¼ территории. Главный экзогенный фактор рельефообразования – эрозия.

Почвенный покров представлен каштановыми, каштановыми солонцеватыми и солончачевыми почвами, автоморфными солонцами, пойменными дерново-луговыми зернистыми почвами.

Климат региона умеренно-холодный. Средняя годовая температура воздуха составляет 9,4 °С, среднее количество осадков в год – 433 мм. Наименьшее количество осадков выпадает в августе (23 мм), наибольшее – в июне (43 мм). Самая высокая температура воздуха отмечается в июле (25,0 °С).

Исследованиями, проведенными за год до осуществления фитомелиоративных мероприятий, установлено, что урожайность на участках составила 159,8 г/м² (или 1,6 т/га); злаки занимали 70 % территории, полины – 23 %, на долю разнотравья приходилось 7 %. После проведения фитомелиоративных мероприятий видовое разнообразие, продуктивность фитоценозов и долевое участие видов в фитомассе значительно изменились. Геоботаническими исследованиями на участке № 1 выявлено 36 видов из 18 семейств, на участке № 2 – 34 вида из 18 семейств, на участке № 3 – 35 видов из 17 семейств (таблица 1).

Индекс сходства видового состава фитомелиорированных и естественных сенокосов, рассчитанный по формуле Жаккара, показал: сходство участков № 1 и № 2 = $30 / (30 + 36 + 34) = 0,30$;

сходство участка № 1 и № 3 = $31 / (31 + 34 + 35) = 0,31$;

сходство участка № 2 и № 3 = $34 / (34 + 34 + 35) = 0,33$.

Таблица 1
Видовое разнообразие фитомелиорированных сенокосов

№	Вид	Участок № 1		Участок № 2		Участок № 3	
		Д**	Высота, см	Д**	Высота, см	Д**	Высота, см
1	<i>Agropyron elongatum (Host) P. Beauv.*</i>	Soc.	87	Soc.	81	Soc.	65
2	<i>Agropyron cristatum (L.) Gaertn.*</i>	Soc.	64	Soc.	59	Soc.	43
3	<i>Allium praescissum Rchb.</i>	Sp.	48–57	–	–	–	–
4	<i>Alyssum turkestanicum</i>	–	–	Sp.	87–92	Sp.	87–90
5	<i>Alopecurus pratensis L.</i>	–	–	Sp.	115–127	Sp.	98–127
6	<i>Artemisia austriaca Jacq.</i>	Cop1	34–76	Cop1	56–69	Cop1	50–65
7	<i>Artemisia lerchiana Web.</i>	Sp.	44–76	Sp.	34–76	Sp.	34–76
8	<i>Asparagus pallasii Miscz.</i>	Sp.	100–115	Cop1	100–115	Cop1	87–100
9	<i>Bromus inermis (Leyss.) Holub *</i>	Soc.	82–88	Soc.	80	Soc.	75
10	<i>Calamagrostis epigeios (L.) Roth</i>	Cop1	45–90	–	–	–	–
11	<i>Capsella bursa-pastoris(L.) Medik.</i>	Sp.	88–97	Cop1	74–79	Cop1	66–71
12	<i>Carex arenaria L.</i>	Cop1	45–49	Cop1	68–92	Cop1	68–90
13	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	Sol.	34–51	Sol.	34–51	Sol.	35–55
14	<i>Cichorium intybus L.</i>	Sol.	120–134	Sol.	120–134	Sol.	99–131
15	<i>Cirsium arvense (L.) Scop.</i>	Cop1	65–101	Sp.	65–101	Sp.	64–109
16	<i>Convolvulus arvensis L.</i>	Sp.	52–78	Sp.	52–78	Sp.	46–65
17	<i>Crepis tectorum L.</i>	Sp.	100–114	Sp.	100–114	Sp.	90–107
18	<i>Dactylis glomerata L.</i>	–	–	Cop1	35–45	Cop1	27–43
19	<i>Dianthus campestris M. Bieb.</i>	Sol.	18–25	–	–	–	–
20	<i>Equisetum arvense L.</i>	Sp.	24–35	–	–	–	–
21	<i>Eryngium campestre L.</i>	Sp.	42–75	Sp.	42–75	Cop1	43–72
22	<i>Euphorbia virgata Waldst.</i>	Sp.	54–58	Sp.	54–58	Sp.	54–58
23	<i>Festuca valesiaca</i>	Sp.	86–88	–	–	–	–
24	<i>Galium verum L.</i>	Sp.	43–66	Cop1	43–66	Cop1	40–62
25	<i>Glycyrrhiza echinata L.</i>	Sp.	90–104	Sp.	90–104	Sp.	91–99
26	<i>Gypsophila paniculata L.</i>	Sp.	102–107	Sp.	102–107	Sp.	82–97
27	<i>Hieracium vulgatum Fr.</i>	Sp.	50–62	Sol.	50–62	Sol.	32–52
28	<i>Iris pumila L.</i>	Sp.	68–71	Sol.	68–71	Sol.	63–70
29	<i>Lactuca serriola L.</i>	Sp.	102–110	Sol.	102–110	Sol.	99–109
30	<i>Lepidium ruderale L.</i>	Sp.	45–77	Sol.	45–77	Sol.	41–73
31	<i>Matricaria recutita L.</i>	Sp.	70–75	Sol.	70–75	Sol.	74–79
32	<i>Medicago romanica Prod.</i>	Sp.	64–72	Sp.	64–72	Sp.	67–78
33	<i>Plantago lanceolata L.</i>	Sol.	36–38	Sol.	36–38	Sol.	39–43
34	<i>Poa pratensis</i>	Cop1	77–82	Sp.	77–80	Sp.	79–89
35	<i>Potentilla bifurca L.</i>	–	–	Sp.	43–44	Sp.	41–44
36	<i>Rumex confertus Willd.</i>	Sol.	43–104	Sol.	43–104	Sol.	40–107
37	<i>Tragopogon major Jacq.</i>	Sol.	69–75	Sol.	69–75	Sol.	64–74
38	<i>Trifolium pratense L.</i>	Sp.	75–96	–	–	Sp.	73–90
39	<i>Xanthium spinosum L.</i>	Sp.	78–97	Sp.	78–97	Sp.	76–95
40	<i>Xeranthemum annuum L</i>	Cop1	36–42	Sp.	36–42	Sp.	32–42
	Итого	36		34		35	

Примечание. * - фитомелиорант; **Д - встречаемость по шкале Друде.

Table 1
Species diversity of phytomeliorated hayfields

No.	View	Plot No. 1		Plot No. 2		Plot No. 3	
		D**	Height, cm	D**	Height, cm	D**	Height, cm
1	<i>Agropyron elongatum</i> (Host) P. Beauv.*	Soc.	87	Soc.	81	Soc.	65
2	<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Gaertn.*	Soc.	64	Soc.	59	Soc.	43
3	<i>Allium praescissum</i> Rchb.	Sp.	48–57	–	–	–	–
4	<i>Alyssum turkestanicum</i>	–	–	Sp.	87–92	Sp.	87–90
5	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	–	–	Sp.	115–127	Sp.	98–127
6	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	Cop1	34–76	Cop1	56–69	Cop1	50–65
7	<i>Artemisia lerchiana</i> Web.	Sp.	44–76	Sp.	34–76	Sp.	34–76
8	<i>Asparagus pallasii</i> Misch.	Sp.	100–115	Cop1	100–115	Cop1	87–100
9	<i>Bromus inermis</i> (Leys.) Holub *	Soc.	82–88	Soc.	80	Soc.	75
10	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	Cop1	45–90	–	–	–	–
11	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Sp.	88–97	Cop1	74–79	Cop1	66–71
12	<i>Carex arenaria</i> L.	Cop1	45–49	Cop1	68–92	Cop1	68–90
13	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	Sol.	34–51	Sol.	34–51	Sol.	35–55
14	<i>Cichorium intybus</i> L.	Sol.	120–134	Sol.	120–134	Sol.	99–131
15	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Cop1	65–101	Sp.	65–101	Sp.	64–109
16	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Sp.	52–78	Sp.	52–78	Sp.	46–65
17	<i>Crepis tectorum</i> L.	Sp.	100–114	Sp.	100–114	Sp.	90–107
18	<i>Dactylis glomerata</i> L.	–	–	Cop1	35–45	Cop1	27–43
19	<i>Dianthus campestris</i> M. Bieb.	Sol.	18–25	–	–	–	–
20	<i>Equisetum arvense</i> L.	Sp.	24–35	–	–	–	–
21	<i>Eryngium campestre</i> L.	Sp.	42–75	Sp.	42–75	Cop1	43–72
22	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst.	Sp.	54–58	Sp.	54–58	Sp.	54–58
23	<i>Festuca valesiaca</i>	Sp.	86–88	–	–	–	–
24	<i>Galium verum</i> L.	Sp.	43–66	Cop1	43–66	Cop1	40–62
25	<i>Glycyrrhiza echinata</i> L.	Sp.	90–104	Sp.	90–104	Sp.	91–99
26	<i>Gypsophila paniculata</i> L.	Sp.	102–107	Sp.	102–107	Sp.	82–97
27	<i>Hieracium vulgatum</i> Fr.	Sp.	50–62	Sol.	50–62	Sol.	32–52
28	<i>Iris pumila</i> L.	Sp.	68–71	Sol.	68–71	Sol.	63–70
29	<i>Lactuca serriola</i> L.	Sp.	102–110	Sol.	102–110	Sol.	99–109
30	<i>Lepidium ruderales</i> L.	Sp.	45–77	Sol.	45–77	Sol.	41–73
31	<i>Matricaria recutita</i> L.	Sp.	70–75	Sol.	70–75	Sol.	74–79
32	<i>Medicago romanica</i> Prod.	Sp.	64–72	Sp.	64–72	Sp.	67–78
33	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Sol.	36–38	Sol.	36–38	Sol.	39–43
34	<i>Poa pratensis</i>	Cop1	77–82	Sp.	77–80	Sp.	79–89
35	<i>Potentilla bifurca</i> L.	–	–	Sp.	43–44	Sp.	41–44
36	<i>Rumex confertus</i> Willd.	Sol.	43–104	Sol.	43–104	Sol.	40–107
37	<i>Tragopogon major</i> Jacq.	Sol.	69–75	Sol.	69–75	Sol.	64–74
38	<i>Trifolium pratense</i> L.	Sp.	75–96	–	–	Sp.	73–90
39	<i>Xanthium spinosum</i> L.	Sp.	78–97	Sp.	78–97	Sp.	76–95
40	<i>Xeranthemum annuum</i> L.	Cop1	36–42	Sp.	36–42	Sp.	32–42
	Total	36		34		35	

Note. * – phytomeliorant; ** D – occurrence on the Drude scale.

Наибольшее долевое участие в фитоценозе на участке № 1 из представителей разнотравья занимают виды семейства Asteraceae (11 видов, или 31 %), в т. ч. *Hieracium vulgatum* Fr., *Cichorium intybus* L., *Xeranthemum annuum* L., *Artemisia lerchiana* Web., *Lactuca serriola* L., *Tragopogon major* Jac. и др. Се-

мейство Poaceae занимает 17 % и представлено видами *Agropyron elongatum*, *Agropyron cristatum* L., *Bromus inermis*, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Poa pratensis*, *Festuca valesiaca*. Виды других семейств встречаются единично (таблица 2).

Таблица 2

Долевое участие видов (шт/%) в фитоценозах фитомелиорированных и естественных сенокосов

№	Семейство	Участок № 1	Участок № 2	Участок № 3
1	Alliaceae	1/2,8	–	–
2	Alyssum	–	1/2,9	1/2,9
3	Apiaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
4	Asparagaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
5	Asteraceae	11/30,6	10/29,9	11/31,0
6	Brassicaceae	2/5,6	2/5,9	2/5,7
7	Convolvulaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
8	Caryophyllaceae	1/2,8	–	–
9	Chamaenerion	1/2,8	1/2,9	1/2,9
10	Cyperaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
11	Equisetaceae	1/2,8	1/2,9	–
12	Iridaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
13	Iris	1/2,8	1/2,9	1/2,9
14	Fabaceae	3/8,4	2/5,9	3/8,5
15	Euphorbiaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
16	Rosaceae	–	1/2,9	1/2,9
17	Rubiaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
18	Plantaginaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
19	Polygonaceae	1/2,8	1/2,9	1/2,9
20	Poaceae	6/16,7	6/17,7	6/17,1
	Итого	36/100	34/100	35/100

Экономика

Table 2
The share of species (pcs/%) in phytocenoses of phytomeliorated and natural hayfields

No.	Family	Plot No. 1	Plot No. 2	Plot No. 3
1	Alliaceae	1/2.8	–	–
2	Alyssum	–	1/2.9	1/2.9
3	Apiaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
4	Asparagaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
5	Asteraceae	11/30.6	10/29.9	11/31.0
6	Brassicaceae	2/5.6	2/5.9	2/5.7
7	Convolvulaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
8	Caryophyllaceae	1/2.8	–	–
9	Chamaenerion	1/2.8	1/2.9	1/2.9
10	Cyperaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
11	Equisetaceae	1/2.8	1/2.9	–
12	Iridaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
13	Iris	1/2.8	1/2.9	1/2.9
14	Fabaceae	3/8.4	2/5.9	3/8.5
15	Euphorbiaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
16	Rubiaceae	–	1/2.9	1/2.9
17	Rubiaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
18	Plantaginaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
19	Polygonaceae	1/2.8	1/2.9	1/2.9
20	Poaceae	6/16.7	6/17.7	6/17.1
	Total	36/100	34/100	35/100

В фитоценозе мелиорированного участка № 2 выявлено 34 вида из 18 семейств. Наибольшее долевое участие по количеству видов здесь также занимают представители семейства *Asteraceae* (10 видов, или 30 %). Доля видов семейства *Poaceae* составляет около 18 %.

На естественных сенокосах (контроль) наибольшее долевое участие в сообществе также за-

нимают представители семейства *Asteraceae* (11 видов, или 31 %), в том числе *Artemisia austriaca* Jacq., *Artemisia lerchiana* Web., *Cichorium intybus* L., *Hieracium vulgatum* Fr. и др. Доля видов семейства *Poaceae* – 17 %, из которых доминантами являются *Dactylis glomerata* L. и *Carex arenaria* L.

Продуктивность и структура фитоценозов фитомелиорированных сенокосов первого года после улучшения

Ассоциация, вид	Поздневесенний период		Раннеосенний период	
	Фитомасса, г/м ²	Соотношение видов, %	Фитомасса, г/м ²	Соотношение видов, %
Участок № 1: полынно-злаково-разнотравная ассоциация				
<i>Artemisia austriaca</i>	20,0	7,4	106,7	28,01
<i>Poaceae (Bromus inermis, Agropyron elongatum, Agropyron cristatum, Calamagrostis epigeios, Trifolium repens) и Cyperaceae (Carex)</i>	242,7	89,4	260,0	68,06
Разнотравье	8,6	3,2	15,3	3,92
Итого по участку № 1	271,3	100	382,0	100
Участок № 2: полынно-злаково-разнотравная ассоциация				
<i>Artemisia austriaca</i>	32,1	10,9	30,0	9,3
<i>Poaceae (Bromus inermis, Agropyron elongatum, Agropyron cristatum, Leymus arenarius, Dactylis glomerata) и Cyperaceae (Carex)</i>	251,9	86,1	272,6	84,6
Разнотравье	8,73	3,0	19,5	6,1
Итого по участку № 2	292,7	100	322,1	100
Участок № 3: полынно-злаково-разнотравная ассоциация (контроль)				
<i>Artemisia lerchiana</i>	32,0	20,1	43,6	24,7
<i>Poaceae (Dactylis glomerata, Agropyron elongatum, Agropyron cristatum, Bromus inermis, Poa pratensis)</i>	58,9	37,0	118,2	67,0
Разнотравье	68,4	42,9	14,5	8,3
Итого по участку № 3	159,3	100	176,3	100
в среднем на 3 участках	241,1		293,5	

Table 3

Productivity and structure of phytocenoses of phytomeliorated hayfields of the first year after improvement

Association, type	Late spring		Early autumn	
	Phytomass, g/m ²	The ratio of species, %	Phytomass, g/m ²	The ratio of species, %
Plot No. 1: wormwood-cereal-grass association				
<i>Artemisia austriaca</i>	20.0	7.4	106.7	28.01
<i>Poaceae (Bromus inermis, Agropyron elongatum, Agropyron cristatum, Calamagrostis epigeios, Trifolium repens) and Cyperaceae (Carex)</i>	242.7	89.4	260.0	68.06
Motley grass	8.6	3.2	15.3	3.92
Total for plot No. 1	271.3	100	382.0	100
Plot No. 2: wormwood-cereal-grass association				
<i>Artemisia austriaca</i>	32.1	10.9	30.0	9.3
<i>Poaceae (Bromus inermis, Agropyron elongatum, Agropyron cristatum, Leymus arenarius, Dactylis glomerata) and Cyperaceae (Carex)</i>	251.9	86.1	272.6	84.6
Motley grass	8.73	3.0	19.5	6.1
Total for plot No. 2	292.7	100	322.1	100
Plot No. 3: wormwood-cereal-grass association (control)				
<i>Artemisia lerchiana</i>	32.0	20.1	43.6	24.7
<i>Poaceae (Dactylis glomerata, Agropyron elongatum, Agropyron cristatum, Bromus inermis, Poa pratensis)</i>	58.9	37.0	118.2	67.0
Motley grass	68.4	42.9	14.5	8.3
Total for plot No. 3	159.3	100	176.3	100
on average at 3 plots	241.1		293.5	

Таблица 4

Урожайность (г/м²) естественных и фитомелиорированных сенокосов

№ участка	2021 г.	2022 г.			
		Май	Июль	Сентябрь	Среднее
1	168,6	271,3	298,3	382,0	317,2
2	186,4	292,7	301,1	322,1	305,3
3	124,6	159,3	198,7	176,3	178,1
Среднее	159,8	241,1	266,0	293,5	266,9

Table 4

Yield (g/m²) of natural and phytomeliorated hayfields

No. of plot	2021	2022			
		May	July	September	Average
1	168.6	271.3	298.3	382.0	317.2
2	186.4	292.7	301.1	322.1	305.3
3	124.6	159.3	198.7	176.3	178.1
Average	159.8	241.1	266.0	293.5	266.9

В мае на участке № 1 средняя высота трав составляла 38,3 см, проективное покрытие – 77 %. Урожайность общей фитомассы достигла 271,31 г/м², из нее на долю трав семейства *Poaceae* и *Cyperaceae* (*Carex arenaria* L.) приходилось 89,4 % (таблица 3). В общей фитомассе массовая доля *Agropyron elongatum* достигала 53,3 %, а продуктивность – 144,6 г/м², *Calamagrostis epigeios* – 16,7 % (45,1 г/м²), *Agropyron cristatum* – 9,4 % (25,5 г/м²), *Bromus inermis* – 5,8 % (5,8 г/м²). Доля *Cyperaceae* (*Carex arenaria* L.) в общей фитомассе травостоя не превышала 4,3 % (11,8 г/м²).

На участке № 2 в мае при проективном покрытии 87 % и средней высоте трав 39,8 см наибольшую долю в фитомассе также занимал вид *Agropyron elongatum* (207,2 г/м², или 70,8 %). В среднем фитомасса на фитомелиорированном участке составила 292,7 г/м², из нее на долю трав семейства *Poaceae* и *Cyperaceae* (*Carex arenaria* L.) приходилось 86,1 % (таблица 3).

На контрольном участке в мае проективное покрытие составляло 72 %, а средняя высота трав – 42 см. По сравнению с прошлым годом доля разнотравья в общей фитомассе увеличилась в 8,8 раза. Наибольший процент в фитомассе разнотравья занимали *Eryngium campestre* L. (27,0 %) и *Galium verum* L. (20,7 %). По сравнению с прошлым годом отмечено появление вида *Artemisia lerchiana*, доля которого в фитомассе достигла 20 % (32,0 г/м²). Общая фитомасса составила 159,3 г/м².

В сентябре средняя урожайность травостоя на участке № 1 достигала 382 г/м², на участке № 2 – 322,1 г/м². Основную долю в фитомассе занимал фитомелиорант *Agropyron elongatum* (68 % на участке № 1 и 65 % на участке № 2). На контроле в этот период наибольшее долевое участие (67 %) в фитомассе занимали *Dactylis glomerata* (23 %), *Agropyron elongatum* (31 %), *Agropyron cristatum* (17 %), *Bromus inermis* (14 %), *Poa pratensis* (15 %).

В среднем за год продуктивность фитомелиорированных участков составила 305–317 г/м², а естественных сенокосов – 178 г/м² (таблица 4).

Фитомелиоранты в разные сезоны года наполняли аэротоп фитомассой в соответствии с фенологией развития травостоя. На рис. 2 показано центральное распределение фитомассы фитомелиорантов и доминирующих видов семейств *Poaceae* и *Cyperaceae* в аэротопе сенокосного участка № 1 в поздневесенний период.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ данных сезонного накопления фитомассы показывает, что на фитомелиорированных участках в первый год осуществления технологического решения значительно меняется видовой состав и продуктивность сенокосных угодий. Индекс Жаккара показывает сходство фитоценозов на естественных и фитомелиорированных участках на 30–33 %. Во все сезоны года как на фитомелиорированных, так на естественных сенокосах наибольшее долевое участие по количеству участия видов в фитоценозах занимали виды семейства *Asteraceae* (30–31 %) и *Poaceae* (17–18 %). На формирование урожая улучшенных сенокосов наибольшее влияние оказали фитомелиоранты *Agropyron elongatum*, *Agropyron cristatum*, *Bromus inermis*. Доля фитомелиорантов в общей фитомассе в разные сезоны была неодинаковой. Основную фитомассу составлял *Agropyron elongatum*: в мае его доля в фитоценозе достигала 53–71 %, в сентябре – 65–68 %. Фитомелиорированные методом высева поликомпонентной травосмеси сенокосные участки оказались продуктивнее естественных в весенний период в 1,7–1,8, в летний период – в 1,5 раза, а в осенний период – в 1,8–2,2 раза. За счет прибавки урожая по сравнению с естественными сенокосами продуктивность на фитомелиорированных участках выросла за год в 1,5 раза. В среднем урожайность фитомелиорированных участков по сравнению с прошлым годом увеличилась в 1,6–1,9 раза и составила 305–317 г/м².

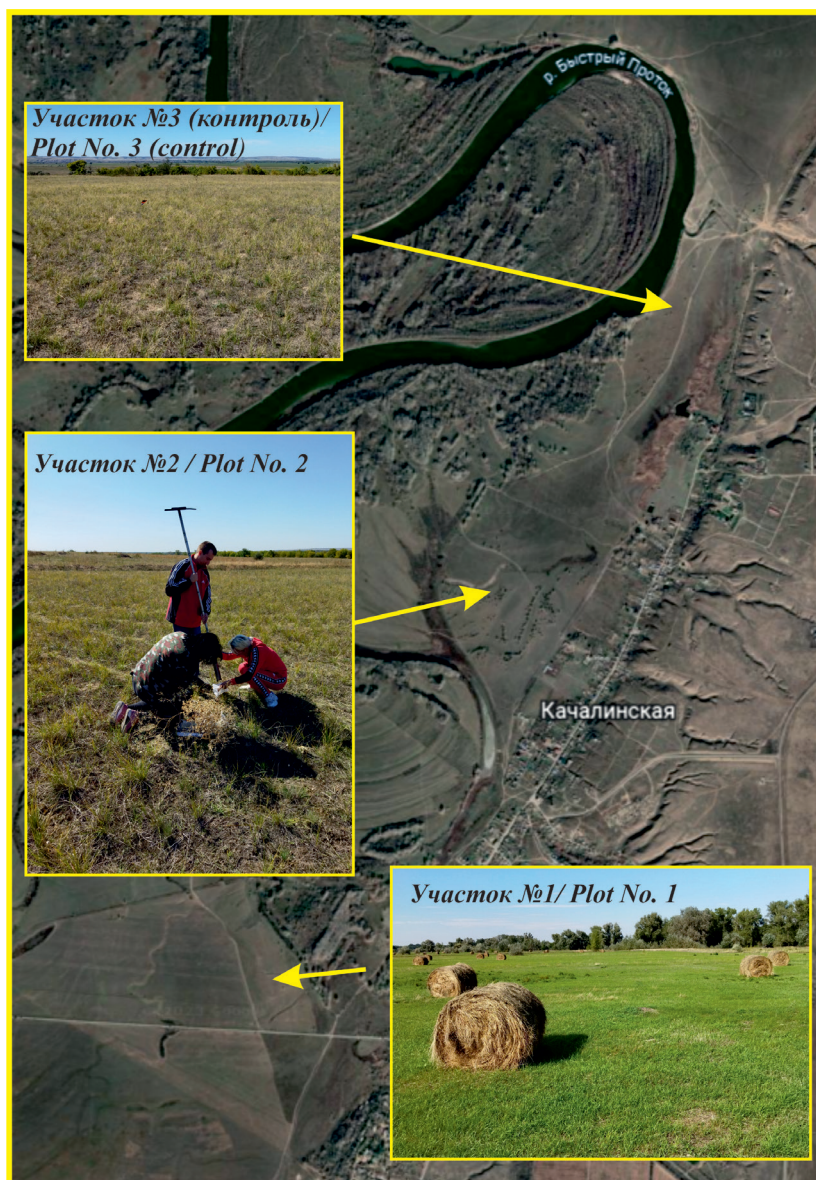


Рис. 1. Сенокосы сухой степи бассейна реки Дон
Fig. 1. Hayfields of the dry steppe of the Don River basin

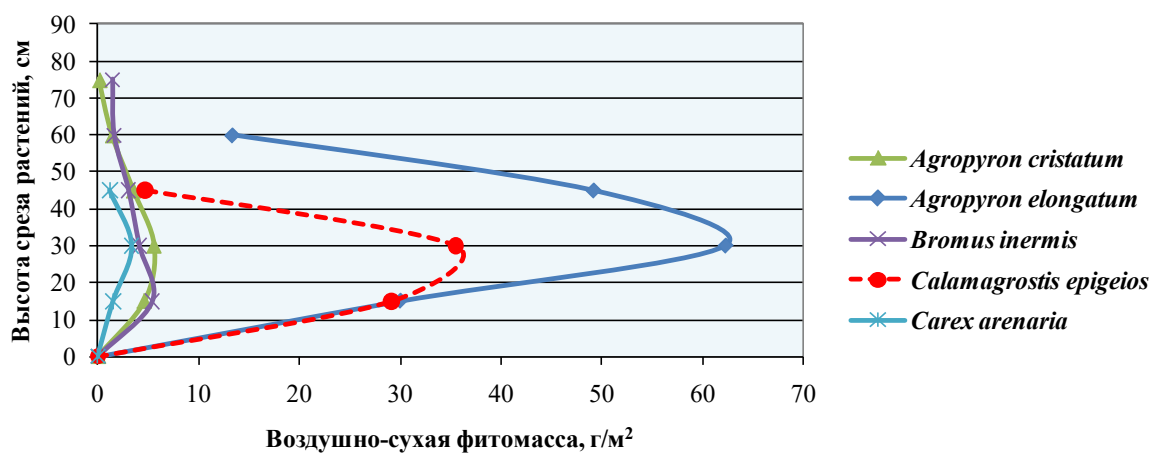


Рис. 2. Распределение массы фитомелиорантов и доминирующих видов семейств Poaceae и Cyperaceae в аэропоне сенокосного участка № 1 в поздневесенний период

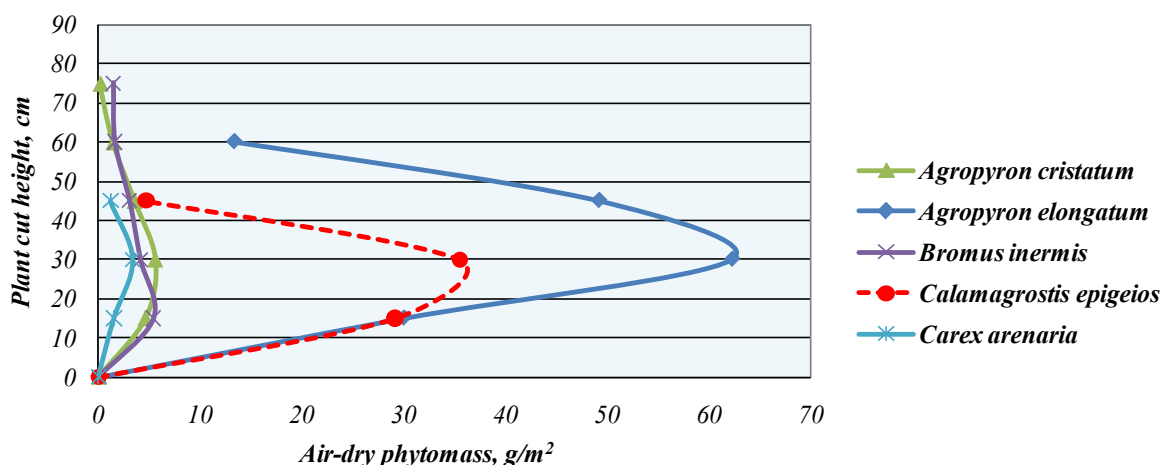


Fig. 2. Distribution of the mass of phytomeliiorants and dominant species of the Poaceae and Cyperaceae families in the aerotope of hay plot No. 1 in the late spring period

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках Государственных заданий № 122020100450-9 «Разработка новой методологии оптимального управления биоресурсами в агроландшафтах засушливой зоны РФ с использованием системно-динамического моделирования почвенно-гидрологических процессов, комплексной оценки влияния климатических из-

менений и антропогенных нагрузок на агробиологический потенциал и лесорастительные условия» и № 122020100407-3 «Теоретические основы и технологии устойчивого функционирования природных кормовых угодий аридных и субаридных регионов средствами комплексной фитомелиорации в условиях опустынивания и изменения климата».

Библиографический список

1. Золотокрылин А. Н. Глобальное потепление, опустынивание/деградация и засухи в аридных регионах // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 1. С. 3–13. DOI: 10.31857/S2587-5566201913-13.
2. Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B. Bioclimatic subhumid zone of Russian plains: droughts, desertification, and land degradation // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 7–12. DOI: 10.1134/S2079096118010122.
3. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. No. 4. Pp. 273–281. DOI: 10.1134/S2079096119040097.
4. Zalibekov Z. G., Mamaev S. A., Magomedov R. A., Biarslanov A. B., Asgerova D. B., Galimova U. M. The use of fresh groundwater from arid regions of the world in the fight against land desertification // Arid ecosystems. 2019. Vol. 9. No. 2. Pp. 77–84. DOI: 10.1134/S2079096119020112.
5. Кулик К. Н. К 30-летию Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 5–12.
6. Kust G. S., Andreeva O. V., Lobkovskiy V. A. Land degradation neutrality: the modern approach to research on arid regions at the national level // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 2. Pp. 87–92. DOI: 10.1134/S2079096120020092.
7. Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю., Солодовников Д. А. Прогнозно-картографическое моделирование продуктивности пастбищ Волгоградской области на основе данных дистанционного зондирования // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 1 (54). С. 69–78. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-69-78.
8. Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B. Aridization of drylands in the European part of Russia: secular trends and links to droughts // Regional research of Russia. 2020. No. 84 (2). Pp. 207–217. DOI: 10.31857/S258755662002017X.
9. Маштыков К. В. Сравнительная характеристика видового состава пастбищных фитоценозов пустынной зоны // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2021. № 1 (42). С. 36–44. DOI: 10.24412/2071-7830-2021-142-36-44.
10. Власенко М. В. Видовое разнообразие и устойчивость фитоценозов песчаных пастбищ Ростовской области // Аграрная Россия. 2019. № 3. С. 17–21. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-3-17-21.
11. Салугин А. Н. Численное моделирование сукцессионных переходов в агроэкологии // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 1. С. 62–65. DOI: 10.31857/S2500-2627-2020-1-62-65.

12. Санданов Д. В. Современные подходы к моделированию разнообразия и пространственному распределению видов растений: перспективы их применения в России // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 46. С. 82–114. DOI: 10.17223/19988591/46/5.
13. Бородычев В. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01.
14. Пещанская Е. В., Кожевников В. И. К вопросу об урожайности восстановленных лугово-степных формаций // Кормопроизводство. 2019. № 11. С. 12–16.
15. Vlasenko M. V., Trubakova K. Yu. Characteristics of the seasonal dynamic structure of phytocenoses on sandy grounds in the south of European Russia // Arid Ecosystems. 2022. Vol. 12. No. 1. Pp. 99–107. DOI: 10.1134/S2079096122010140.
16. Шахмедов И. Ш. Подбор сортов многолетних трав для возделывания на засоленных и деградированных пастбищах в Северном Прикаспии // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2016. № 2 (27). С. 14–17.
17. Булахтина Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2022. № 1 (216). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11.
18. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подоприморов Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13.
19. Гребенников В. Г., Лапенко Н. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Методы повышения продуктивности аридных пастбищ // Аграрная наука. 2020. № 9. С. 70–73. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-341-9-70-73.
20. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. Питательная ценность бобово-мятликовых травосмесей на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 91–97. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-08.

Об авторах:

Марина Владимировна Власенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов, ORCID 0000-0002-6356-2225, AuthorID 289179; +7 927 500-53-59, vlasencomarina@mail.ru

Светлана Юрьевна Турко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 185088; +7 961 064-31-17, turkosvetlana73@mail.ru

Людмила Петровна Рыбашлыкова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель, ORCID 0000-0002-3675-6243, AuthorID 865030; +7 927 662-63-53, ludda4ka@mail.ru

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

Effective technologies for the restoration of degraded pasture ecosystems and the creation of high-quality hayfields in the Don river basin

M. V. Vlasenko[✉], S. Yu. Turko¹, L. P. Rybashlykova¹

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

[✉]E-mail: vlasencomarina@mail.ru

Abstract. Scientific novelty and practical significance. The increasing rates of soil degradation processes in the southern regions of Russia make it urgent to increase the productivity of agricultural land, stabilize ecosystems and restore potentially valuable forage vegetation. Phytomeliorative reconstruction of low-productive lands is of great practical importance for ensuring sustainable development of the region and national food security. **The purpose of the research.** The purpose of the research is to identify the effectiveness of the conducted

phytomeliorative works aimed at increasing productivity and preserving the native biodiversity of hayfields in the conditions of the dry steppe of the Don river basin. **Methods.** Phytomeliorative reconstruction of hayfields was carried out in the autumn of 2021. (Volgograd region, Ilovlyinskiy district) by sowing a grass mixture of *Agropyron elongatum* + *Agropyron cristatum* L + *Bromus inermis* on two plots with an area of 40 and 30 hectares. The abundance of plants was determined by the Drude rating scale. The similarity index of the species composition of phytocenoses is calculated according to the Zhakkar formula. Productivity was determined by the sloping method. **Results.** 36 species of herbs from 18 families were identified on the phytomeliorated hayfields of plot No. 1, 34 species from 18 families were identified on plot No. 2, 35 species from 17 families were identified on natural hayfields. The Zhakkar index shows the similarity of phytocenoses by 30–33 %. The largest share in the number of species (pieces) in the phytocenosis was occupied by species of the *Asteraceae* (30–33 %) and *Poaceae* (17–18 %) families. But phytomeliorants had the greatest influence on the formation of the crop. The proportion of phytomeliorants in the total phytomass in different seasons was not the same. The main phytomass was *Agropyron elongatum*: in May its share in the phytocenosis reached 53–71 %, in September – 65–68 %. Phytomeliorated areas turned out to be 1.7–1.8 times more productive than natural ones in spring, 1.5 times more productive in summer, and 1.8–2.2 times more productive in autumn. On average, the yield of phytomeliorated plots increased by 1,6–1,9 times compared to last year and amounted to 305–317 g/m².

Keywords: haymaking, phytomelioration, yield, species diversity, Drude scale.

For citation: Vlasenko M. V., Turko S. Yu., Rybashlykova L. P. Effektivnye tekhnologii vosstanovleniya degradirovannykh zemel' i sozdaniya vysokokachestvennykh senokosov v bassejne reki Don [Effective technologies of restoration of degraded lands and creation of high-quality haymaking in the Don river basin] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 14–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-14-25. (In Russian.)

Date of paper submission: 24.01.2023, **date of review:** 20.02.2023, **date of acceptance:** 13.03.2023.

References

- Zolotokrylin A. N. Globalnoe poteplenie, opustynivanie/degradatsiya i zasukhi v aridnykh regionakh [Global warming, desertification/degradation, and droughts in arid regions] // Proceedings of the Russian academy of sciences. Geographical series. 2019. No. 1. Pp. 3–13. DOI:10.31857/S2587-5566201913-13. (In Russian.)
- Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B. Bioclimatic subhumid zone of Russian plains: droughts, desertification, and land degradation // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 7–12. DOI: 10.1134/S2079096118010122.
- Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. No. 4. Pp. 273–281. DOI: 10.1134/S2079096119040097.
- Zalibekov Z. G., Mamaev S. A., Magomedov R. A., Biarslanov A. B., Asgerova D. B., Galimova U. M. The use of fresh groundwater from arid regions of the world in the fight against land desertification // Arid ecosystems. 2019. Vol. 9. No. 2. Pp. 77–84. DOI: 10.1134/S2079096119020112.
- Kulik K. N. K 30-letiyu Generalnoy skhemy po borbe s opustynivaniyem Chernykh zemel i Kizlyarskikh pastbishch [To the 30th anniversary of the General Scheme to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures] // Arid ecosystems. 2018. Vol. 24. No. 1 (74). Pp. 5–12. (In Russian.)
- Kust G. S., Andreeva O. V., Lobkovskiy V. A. Land degradation neutrality: the modern approach to research on arid regions at the national level // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 2. Pp. 87–92. DOI: 10.1134/S2079096120020092.
- Shinkarenko S. S., Kosheleva O. Yu., Solodovnikov D. A. Prognozno-kartograficheskoe modelirovanie produktivnosti pastbishch Volgogradskoy oblasti na osnove dannykh distantsionnogo zondirovaniya [Predictive-cartographic modeling of pasture productivity in the Volgograd region based on remote sensing data] // South of Russia: ecology, development. 2020. Vol. 15. No. 1 (54). Pp. 69–78. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-69-78. (In Russian.)
- Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B. Aridization of drylands in the European part of Russia: secular trends and links to droughts // Regional research of Russia. 2020. No. 84 (2). Pp. 207–217. DOI: 10.31857/S258755662002017X.
- Mashtykov K. V. Sravnitel'naya kharakteristika vidovogo sostava pastbishchnykh fitotsenozov pustynnoy zony [Comparative characteristics of the species composition of pasture phytocenoses of the desert zone] // Bulletin of the Institute of Complex Studies of Arid Territories. 2021. No. 1 (42). Pp. 36–44. DOI: 10.24412/2071-7830-2021-142-36-44. (In Russian.)

10. Vlasenko M. V. Vidovoe raznoobrazie i ustoychivost' fitotsenozov peschanykh pastbishch Rostovskoy oblasti [Species diversity and stability of phytocenoses of sandy pastures of the Rostov region] // Agrarian Russia. 2019. No. 3. Pp. 17–21. (In Russian.)

11. Salugin A. N. Chislennoe modelirovanie suksessionnykh perekhodov v agroekologii [Numerical modeling of succession transitions in agroecology] // Russian agricultural science. 2020. No. 1. Pp. 62–65. DOI: 10.31857/S2500-2627-2020-1-62-65. (In Russian.)

12. Sandanov D. V. Sovremennyye podkhody k modelirovaniyu raznoobraziya i prostranstvennomu raspredeleniyu vidov rasteniy: perspektivy ikh primeneniya v Rossii [Modern approaches to modeling diversity and spatial distribution of plant species: prospects for their application in Russia] // Bulletin of Tomsk State University. Biology. 2019. No. 46. Pp. 82–114. DOI: 10.17223/19988591/46/5. (In Russian.)

13. Borodychev V. V., Vlasenko M. V., Kulik A. K. Sezonnyye izmeneniya kormovoy produktivnosti aridnykh pastbishch [Seasonal changes in forage productivity of arid pastures] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 1 (61). Pp. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01. (In Russian.)

14. Peshchanskaya E. V., Kozhevnikov V. I. K voprosu ob urozhaynosti vosstanovlennykh lugovo-stepnykh formatsiy [On the issue of productivity of restored meadow-steppe formations] // Fodder production. 2019. No. 11. Pp. 12–16. (In Russian.)

15. Vlasenko M. V., Trubakova K. Yu. Characteristics of the seasonal dynamic structure of phytocenoses on sandy grounds in the south of European Russia // Arid Ecosystems. 2022. Vol. 12. No. 1. Pp. 99–107. DOI: 10.1134/S2079096122010140.

16. Shakhmedov I. Sh. Podbor sortov mnogoletnikh trav dlya vozdeleyvaniya na zasolennykh i degradirovannykh pastbishchakh v Severnom Prikaspii [Selection of varieties of perennial grasses for cultivation on saline and degraded pastures in the Northern Caspian region] // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2016. No. 2 (27). Pp. 14–17. (In Russian.)

17. Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprigrorov Yu. N. Issledovanie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikov dlya sozdaniya zoomeliorativnykh nasazhdeniy v polupustynnykh pastbishchnykh ekosistemakh [Study of the adaptive potential of forage shrubs for creating zoo-reclamation plantings in semi-desert pasture ecosystems] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 1 (61). Pp. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13. (In Russian.)

18. Bulakhtina G. K. Izuchenie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikov dlya ispol'zovaniya v vosstanovlenii degradirovannykh polupustynnykh pastbishchnykh ekosistem [The study of the adaptive potential of forage shrub plants for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 1 (216). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11. (In Russian.)

19. Grebennikov V. G., Lapenko N. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Metody povysheniya produktivnosti aridnykh pastbishch [Methods of increasing productivity of arid pastures] // Agrarian science. 2020. No. 9. Pp. 70–73. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-341-9-70-73. (In Russian.)

20. Dronova T. N., Burtseva N. I. Pitatel'naya tsennost' bobovo-myatlikovykh travosmesey na oroshaemykh zemlyakh Nizhnego Povolzh'ya [Nutritional value of bean-bluegrass grass mixtures on irrigated lands of the Lower Volga region] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2020. No. 3 (59). Pp. 91–97. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-08. (In Russian.)

Authors' information:

Marina V. Vlasenko¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory of hydrology of agroforest landscapes, ORCID 0000-0002-6356-2225, AuthorID 289179; +7 927 500-53-59, vlasencomarina@mail.ru

Svetlana Yu. Turko¹, candidate of agricultural sciences, researcher at the laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low productive lands, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 185088; +7 961 064-31-17, turkosvetlana73@mail.ru

Lyudmila P. Rybashlykova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low-productive lands, ORCID 0000-0002-3675-6243, AuthorID 865030; +7 927 662-63-53, ludda4ka@mail.ru

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

Анализ состояния и перспективы развития кормопроизводства в Удмуртской Республике

А. В. Леднев¹, Н. И. Касаткина^{1✉}, Ж. С. Нелюбина¹, Р. А. Файзуллин¹

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

✉ E-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Аннотация. Цель исследований – на основании анализа состояния молочного скотоводства и кормопроизводства Удмуртской Республики дать рекомендации по улучшению обеспеченности кормами собственного производства. **Методы.** Оценка состояния молочного скотоводства и кормопроизводства Удмуртской Республики проведена на основе использования статистических данных Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики за 1990–2021 гг. Анализ кормовой продуктивности перспективных видов и сортов многолетних трав выполнен на основе результатов исследований, проведенных в Удмуртском ФИЦ УрО РАН. **Научная новизна.** Проведен комплексный анализ поголовья крупного рогатого скота (КРС), валового надоя молока, посевных площадей кормовых культур и их валового сбора в Удмуртской Республике. **Результаты.** Выявлено, что за исследуемый период поголовье КРС снизилось с 592,2 до 336,8 тыс. голов, в том числе коров – с 269,2 до 134,5 тыс. голов. Отмечается увеличение производства молока с 434,6 тыс. тонн в 2005 г. до 924,0 тыс. тонн в 2021 г. За исследуемый период площадь пашни уменьшилась с 1233,6 до 917,4 тыс. га. Кормовые культуры занимали в структуре посевных площадей 55,7–62,3 %, наибольшая площадь (567,5 тыс. га) была отмечена в 2005 г. В 2021 г. площадь кормовых культур составила только 423,5 тыс. га. Анализ развития кормопроизводства в Удмуртской Республике свидетельствует о потенциальной возможности увеличения производства молока до 1,2 млн тонн, количества коров – до 140 тыс. голов. Для обеспечения возросшего поголовья и его продуктивности необходимо производить на пашне не менее 11 млн тонн корм. ед. при увеличении площади кормовых культур до 650 тыс. га. Необходимо большее внимание уделять внедрению новых видов и сортов кормовых культур, повышению их урожайности, качеству производимых кормов.

Ключевые слова: молочное скотоводство, поголовье крупного рогатого скота, надой молока, валовый сбор, кормовые единицы, кормовые культуры.

Для цитирования: Леднев А. В., Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С., Файзуллин Р. А. Анализ состояния и перспективы развития кормопроизводства в Удмуртской Республике // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-26-35.

Дата поступления статьи: 18.01.2023, **дата рецензирования:** 10.02.2023, **дата принятия:** 02.03.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности России обеспеченность молоком и молокопродуктами собственного производства должна быть не менее 90 %¹. Для этого необходимо сбалансированное развитие отечественного растениеводства, животноводства, земледелия, структуры посевных площадей, севооборотов, всего АПК [1, с. 32; 2, с. 5; 3, с. 290].

Молочное скотоводство является ведущей отраслью агропромышленного производства в Уд-

муртской Республике и занимает 67–70 % в валовом объеме продукции сельского хозяйства [4; 5, с. 21]. В 2016 г. Правительством Удмуртской Республики утверждена целевая программа «Миллион тонн молока» на 2016–2020 гг., согласно которой было запланировано строительство новых коровников, приобретение племенных животных, увеличение как общего количества коров, так и их молочной продуктивности. Уровень рентабельности молочного скотоводства зависит от целого ряда факторов: затрат на содержание животных, на получение и переработку молочной продукции и других. Все эти факторы определяются количеством крупного рогатого скота (КРС) (в первую очередь

¹ Указ Президента РФ от 21.01.2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности РФ» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425> (дата обращения: 19.12.2022).

коров) и их молочной продуктивностью. Важное место в производстве молока занимают заготовка и приготовление кормов. Создание кормовой базы для животноводства связано с расширением производства кормовых культур, изменением структуры севооборотов, рациональным использованием природных ресурсов, решением вопросов заготовки, хранения и использования кормов и многих других [6, с. 321; 7, с. 325]. Главная задача кормопроизводства – это обеспечение животноводства высококачественными кормами с содержанием в 1 кг сухого вещества обменной энергии 10,5–11,0 МДж, сырого протеина – 15–18 % (злаковые травы) и 18–23 % (бобовые) [2, с. 7]. В растениеводстве более 75 % времени, энергии и затрат приходится на производство кормов. Особенно это касается полевого кормопроизводства, которое в современных условиях имеет решающее значение в создании прочной кормовой базы для животноводства. Для производства кормов используется более 60 % всей пашни [8, с. 80].

Цель исследований состояла в разработке рекомендаций по улучшению обеспеченности кормами собственного производства на основании анализа состояния молочного скотоводства и кормопроизводства Удмуртской Республики.

Методология и методы исследования (Methods)

Оценка состояния молочного скотоводства и кормопроизводства Удмуртской Республики была проведена на основе научного прогноза с использованием статистических данных Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике (Удмуртстат) [4] и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики (МСХиП УР) [9] за 1990–2021 гг. Использованы материалы публикаций отечественных ученых. Анализ кормовой продуктивности перспективных видов и сортов многолетних трав выполнен на основе результатов исследований, проведенных в Удмуртском НИИСХ – структурном подразделении УдмФИЦ УрО РАН в 2012–2021 гг.

Результаты (Results)

Проведенный анализ состояния молочного скотоводства в Удмуртской Республике показывает, что в 1990 г. поголовье КРС во всех категориях хозяйств составило 592,2 тыс. голов, в том числе коров – 269,2 тыс. голов. Это наибольший показатель за исследуемый 30-летний период. При данном поголовье валовый надой молока был на уровне 525,1 тыс. т. В результате развития кризисных явлений в сельском хозяйстве произошло резкое снижение производства молока. Так, в 2000 г. его объемы составили только 345,6 тыс. т молока при одновременном снижении поголовья КРС до 356,1 тыс. голов (рис. 1).

К 2015 г. поголовье КРС снизилось практически в два раза в сравнении с показателями 1990 г. и ста-

билизировалось на уровне 333,9–347,4 тыс. голов, в том числе коров 132,2–134,5 тыс. голов. В то же время отмечено существенное увеличение производства молока с 434,6 тыс. т в 2005 г. до 924,0 тыс. т. в 2021 г. В итоге Удмуртская Республика в рейтинге по производству молока среди регионов Приволжского федерального округа заняла третье место. По прогнозу МСХиП Удмуртской Республики, в 2022 г. во всех категориях хозяйств будет произведено около 1 млн тонн молока.

Важным оценочным показателем эффективности молочного скотоводства является годовой надой молока на одну голову. Анализ показывает, что данный показатель имеет положительную тенденцию роста. Так, в период с 1990 по 2000 гг. надой молока на одну корову был на уровне 2445–2692 кг. С 2005 г. наблюдается увеличение данного показателя с 3611 до 5402 кг в 2015 г. К 2020 г. надой составил 6640 кг. По итогам 2021 г. годовой надой на корову был на уровне 7927 кг: показатель в племязаводах – 8278 кг, в племрепродукторах – 7697 кг. Чтобы надоить 1 млн т молока, нужно увеличить этот показатель до 9000 кг. Исследование мнения и авторских трудов отраслевых экспертов и специалистов доказывает, что в молочном скотоводстве как России, так и Удмуртской Республики имеются большие резервы для дальнейшего роста продуктивности коров [1, с. 36; 5, с. 81]. Важным инструментом повышения эффективности молочного скотоводства является наличие и модернизация производственных мощностей и технологических линий [1, с. 36]. Следует отметить, что среди объектов АПК в наибольшей степени в республике представлены животноводческие комплексы – молочные фермы, что соответствует выбору республикой перспективного направления развития – молочного скотоводства. На конец 2021 г. в Удмуртии насчитывалось 156,2 тыс. скотомест [7, с. 326].

Основными направлениями решения задачи повышения молочной продуктивности являются селекционно-генетическая работа и совершенствование кормовой базы. Следует иметь в виду, что кормление коров с молочной продуктивностью свыше 9000 кг имеет ряд особенностей, необходим переход на круглогодичный однотипный рацион, обеспечение биологически полноценного кормления. Полноценность кормления основывается на прочной кормовой базе [10; 11]. Для этого необходимо провести анализ структуры посевных площадей, сортамента возделываемых кормовых культур, урожайности и качества кормов и на его основе в случае необходимости внести в них соответствующие корректировки, что является актуальной задачей.

В растениеводстве Удмуртской Республики начиная с 1990 г. четко прослеживается тенденция постепенного сокращения площадей, занятых сельскохозяйственными угодьями, в первую очередь

пашней. Только за период с 2005 по 2017 гг. площадь пашни уменьшилась с 1167,6 до 1067,7 тыс. га (на 98 тыс. га, или 8,4 %) за счет перевода ее в древесно-кустарниковые насаждения и отвода для народнохозяйственных нужд (отводы под земли промышленности и населенных пунктов). С 2018 г. отмечено дальнейшее снижение посевной площади с 999,3 тыс. га до 917,4 тыс. га в 2021 г. При этом кормовые культуры занимали в структуре посевных площадей 55,7–62,3 % [4; 12, с. 317].

В структуре кормовых культур многолетние травы в 1990 г. занимали 328,1 тыс. га (56,5 %), однолетние травы – 111,6 тыс. га (19,2 %), силосные культуры (без кукурузы) – 80,5 тыс. га (13,9 %), кукуруза – 60,1 тыс. га (10,4 %). За исследуемый период (1990–2021 гг.) наблюдались изменения как в общей площади кормовых культур, так и в их структуре. Наибольшая площадь кормовых культур была отмечена в 2005 г., она составила 567,5 тыс. га. Затем наблюдалось постепенное снижение, и в 2021 г. площадь кормовых культур составила только 423,5 тыс. га. По годам структура производства кормов сильно колебалась, а после 2010 г. относительно стабилизировалась на следующем уровне:

многолетние травы – 72,7–78,9 %; однолетние травы – 14,3–17,5 %; силосные культуры (без кукурузы) – 0,5–1,9%; кукуруза – 3,9–6,1 % (рис. 2).

Основными профилирующими культурами среди многолетних трав в республике являются клевер луговой (51 % посевов многолетних трав) и люцерна изменчивая (20,5 %), на бобово-злаковые травосмеси приходится около 16 % от их площади. Многолетние злаковые культуры в чистом виде занимают небольшую долю и используются только для заготовки сена. В структуре посевов однолетних трав преобладает викоовсяная травосмесь. Силосные культуры в 1990 г. были представлены подсолнечником (на него приходилось 13,9 % площади кормовых культур) и кукурузой (10,4 %). Постепенно площадь силосных культур сокращалась и особенно значительно – посеvy подсолнечника. К 2021 г. они составляли только 0,7 %, тогда как площадь кукурузы сократилась только до 6,1 %. Это вполне закономерно, так как силос из кукурузы имеет значительно более высокую кормовую ценность, чем из подсолнечника. Кроме того, после 2010 г. стабилизировалась ситуация с гибридными семенами кукурузы, они стали более доступными для сельхозтоваропроизводителей.

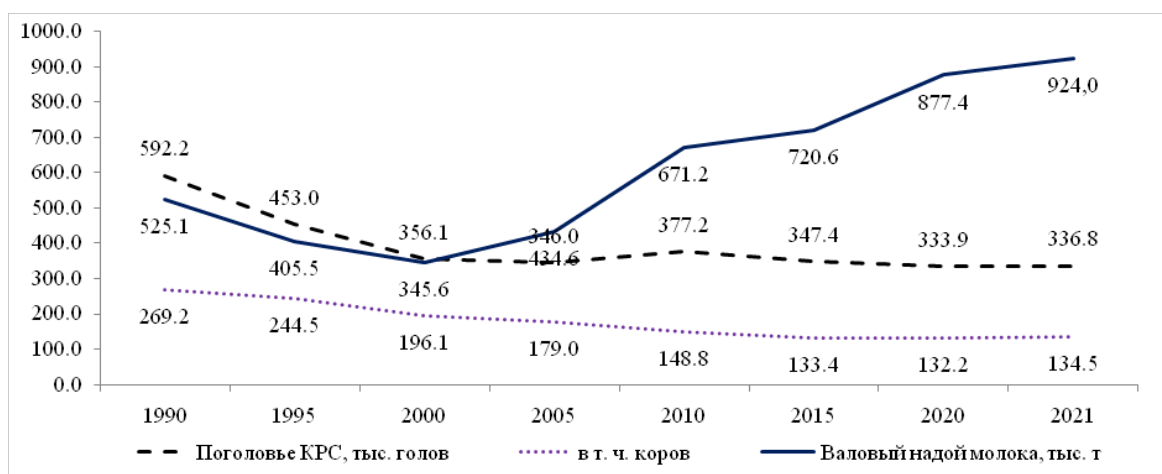


Рис. 1. Динамика поголовья КРС и валового надоя молока, 1990–2021 гг.

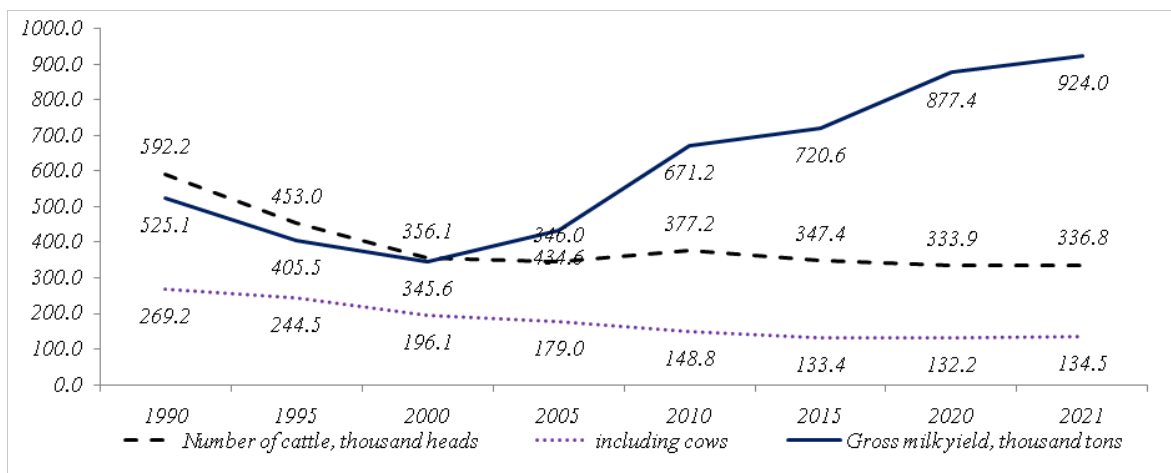


Fig. 1. Dynamics of cattle and gross milk yield, 1990–2021

Анализ развития молочного скотоводства и кормопроизводства в Удмуртской Республике свидетельствует о потенциальной возможности увеличения производства молока до 1,2 млн тонн за счет увеличения как количества КРС (до 350 тыс. голов,

в том числе коров до 140 тыс. голов), так и надоя молока до 9000 л в год. Для обеспечения возросшего поголовья и его продуктивности необходимо производить на пашне не менее 11 млн т корм. ед. (таблица 1).

Экономика

Таблица 2
Кормовая продуктивность многолетних трав, 2012–2021 гг.

Кормовая культура	Сорт	Урожайность, т/га сухой массы	Содержание сырого протеина, %	КОЭ, МДж/кг	Сбор корм. ед., тыс/га
Клевер луговой	Кудесник, Близард	6,8–7,1	14,0–14,7	9,8–10,0	5,3–5,8
Люцерна изменчивая	Сарга, Виктория	8,3–11,1	17,7–21,0	9,1–10,0	4,9–6,7
Козлятник восточный	Гале, Ялгинский	8,5–10,3	16,1–21,1	9,5–10,5	6,0–7,1
Лядвенец рогатый	Солнышко	4,5–5,5	15,0–18,2	9,6–10,8	4,2–5,1
Лядвенец + клевер + тимофеевка	Солнышко Трио Ленинградская 204	5,0–11,7	14,3–17,4	9,5–10,5	4,0–6,9
Люцерна + козлятник	Сарга Гале	6,8–17,1	15,0–18,0	9,3–10,0	5,7–10,3
Люцерна + козлятник + кострец	Сарга Гале Свердловский 38	6,0–11,7	12,5–15,3	9,0–9,6	4,8–7,8
Люцерна + лядвенец	Виктория Солнышко	7,5–11,5	18,0–22,1	9,4–10,5	5,3–8,1
Люцерна + лядвенец + фестулолиум	Виктория Солнышко ВИК 90	7,0–9,2	16,5–18,3	9,0–9,6	4,9–6,5
Клевер + люцерна	Кудесник Сарга	5,1–8,4	17,8–21,4	9,0–10,0	3,5–6,1
Клевер + люцерна + тимофеевка	Кудесник Сарга Ленинград. 204	5,2–8,6	14,7–17,1	9,3–10,3	3,7–6,6

Table 2
Fodder productivity of perennial grasses, 2012–2021

Fodder culture	Variety	Yield, t/ha of dry weight	Crude protein content, %	CEE, MJ/kg	Collection of fodder units, t/ha
Meadow clover	Kudesnik, Blizard	6.8–7.1	14.0–14.7	9.8–10.0	5.3–5.8
Variiegated alfalfa	Sarga, Viktoriya	8.3–11.1	17.7–21.0	9.1–10.0	4.9–6.7
Eastern galega	Gale, Yalginskiy	8.5–10.3	16.1–21.1	9.5–10.5	6.0–7.1
Birds-foot trefoil	Solnyshko	4.5–5.5	15.0–18.2	9.6–10.8	4.2–5.1
Trefoil + clover + timothy	Solnyshko Trio Leningradskaya 204	5.0–11.7	14.3–17.4	9.5–10.5	4.0–6.9
Alfalfa + galega	Sarga Gale	6.8–17.1	15.0–18.0	9.3–10.0	5.7–10.3
Alfalfa + galega + awnless	Sarga Gale Sverdlovskiy 38	6.0–11.7	12.5–15.3	9.0–9.6	4.8–7.8
Alfalfa + trefoil	Viktoriya Solnyshko	7.5–11.5	18.0–22.1	9.4–10.5	5.3–8.1
Alfalfa + trefoil festulolium	Viktoriya Solnyshko VIK 90	7.0–9.2	16.5–18.3	9.0–9.6	4.9–6.5
Clover + alfalfa	Kudesnik Sarga	5.1–8.4	17.8–21.4	9.0–10.0	3.5–6.1
Clover + alfalfa + timothy	Kudesnik Sarga Leningradskaya 204	5.2–8.6	14.7–17.1	9.3–10.3	3.7–6.6

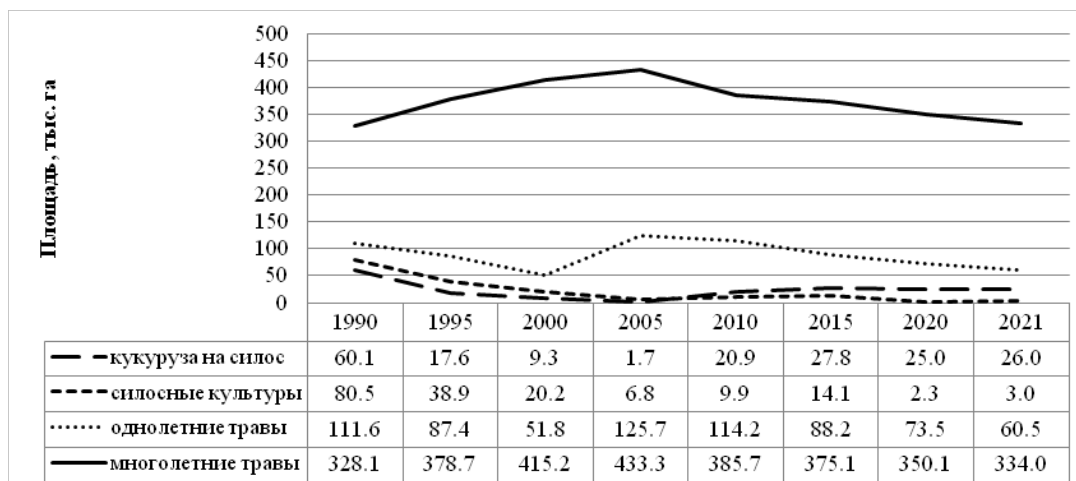


Рис. 2. Изменение посевных площадей кормовых культур в сельскохозяйственных организациях за период 1990–2021 гг., тыс. га

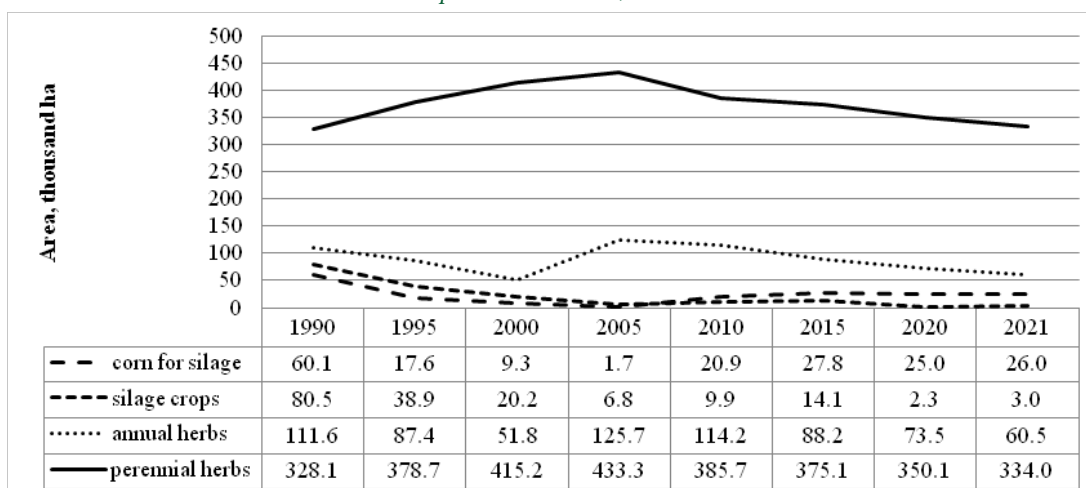


Fig. 2. Change in the acreage of fodder crops in agricultural organizations for the period 1990–2021, thousand hectares

Для этого общая посевная площадь должна составлять не менее 1200 тыс. га, в связи с чем необходимы мероприятия по освоению 100–300 тыс. га залежных земель и вовлечению их в активный сельскохозяйственный оборот. Освоение залежных земель является одним из важнейших направлений экономической политики государства, направленной на обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации, и субсидируется на региональном уровне. Не следует забывать и о естественных кормовых угодьях – сенокосах и пастбищах, являющихся главным источником поступления наиболее дешевых грубых кормов. При общей площади 20–22 тыс. га они могут обеспечить при должном уходе до 400 тыс. т зеленой массы.

Для повышения продуктивности кормовых культур на пашне необходимы мероприятия по совершенствованию структуры посевов. Многолетние бобовые травы должны занимать в структуре посевных площадей не менее 55 %, а в структуре посевных площадей кормовых культур – не менее 75 %. В связи с этим посевная площадь под многолетними травами должна быть не менее 500 тыс.

га. В целом необходимо увеличение площадей под кормовыми культурами до 650 тыс. га, в том числе под однолетними травами – не менее 100 тыс. га (8–10 % от общей посевной площади), кукурузой и силосными культурами – не менее 60–80 тыс. га.

Важным резервом повышения продуктивности является внедрение новых видов и сортов кормовых культур; повышение урожайности путем применения современных приемов и методов агротехники их возделывания; повышение качества производимых кормов на основе применения передовых приемов и методов заготовки, переработки и хранения кормов. Возделывание в республике широкого набора наиболее приспособленных и урожайных видов кормовых культур поможет создать сырьевые конвейеры по производству зеленых кормов, сена, сенажа и силоса, позволит заготавливать корма в течение всего лета. Следует обратить внимание на полиплоидные сорта кормовых культур. Так, в исследованиях, проведенных в УдмФИЦ УрО РАН, установлено, что тетраплоидные сорта клевера лугового Кудесник, Близард имеют наряду с высокой продуктивностью (6,8–7,1 т/га) и высокое качество

корма, повышенное содержание сырого протеина, концентрацию обменной энергии и т. д. (таблица 2). Облиственность данных сортов находится на уровне 54–57 % [13, с. 264; 14, с. 179].

Потенциальные возможности люцерны также очень велики. При соответствующей технологии возделывания современные сорта данной культуры способны формировать до 10 т/га и выше сухого вещества, обеспечивая в благоприятные годы три укоса. В 1 кг сухого вещества люцерны содержание сырого протеина достигает 17,7–21,0 %, обменной энергии – 9,1–10,0 МДж.

Козлятник восточный и лядвенец рогатый являются ценными, но пока малораспространенными видами многолетних бобовых культур [15, с. 2]. Их основные достоинства – продуктивное долголетие, высокая зимостойкость, устойчивость к засухе и болезням, высокое качество корма. В одновидовых посевах урожайность козлятника восточного на протяжении 8 лет пользования составляет 8,5–10,3 т/га сухой массы, или 6,0–7,1 тыс. корм. ед. Сухое вещество отличается повышенным содержанием сырого

протеина (16,1–21,1 %), концентрация обменной энергии достигает 9,5–10,5 МДж/кг. Лядвенец рогатый в связи со своими биологическими особенностями формирует высоту травостоя не более 50 см, но в то же время количество его стеблей достигает 1000 шт. и более на 1 м², что дает ему возможность за два укоса сформировать 4,5–5,5 т/га сухой массы высокого качества.

Одним из важных факторов повышения продуктивности полевого кормопроизводства является создание адаптивных поливидовых агрофитоценозов многолетних трав, сочетающих высокую урожайность и питательную ценность [14, с. 22]. Так, добавление к лядвенцу рогатому клевера лугового и тимopheевки способствует получению 5,0–11,7 т/га сухой массы с содержанием сырого протеина 14,3–17,4 % и концентрацией обменной энергии 9,5–10,5 МДж. Смешанные посевы люцерны с козлятником могут обеспечивать высокий уровень урожайности (6,0–17,1 т/га) в течение длительного времени пользования травостоем. Хорошие показатели продуктивности (7,0–11,5 т/га сухой мас-

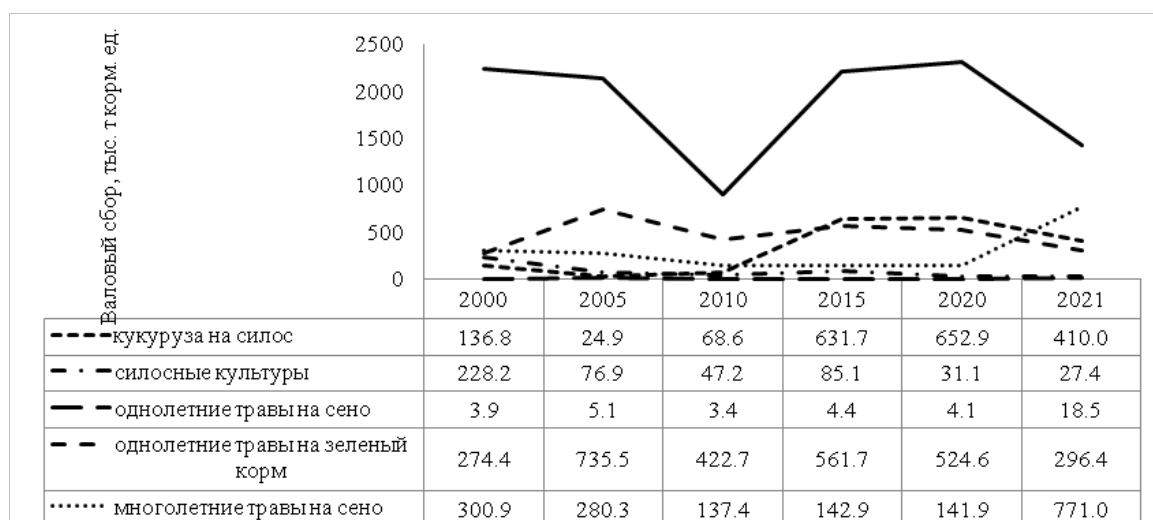


Рис. 3. Валовый сбор кормовых культур в сельскохозяйственных организациях, тыс. тонн корм ед.

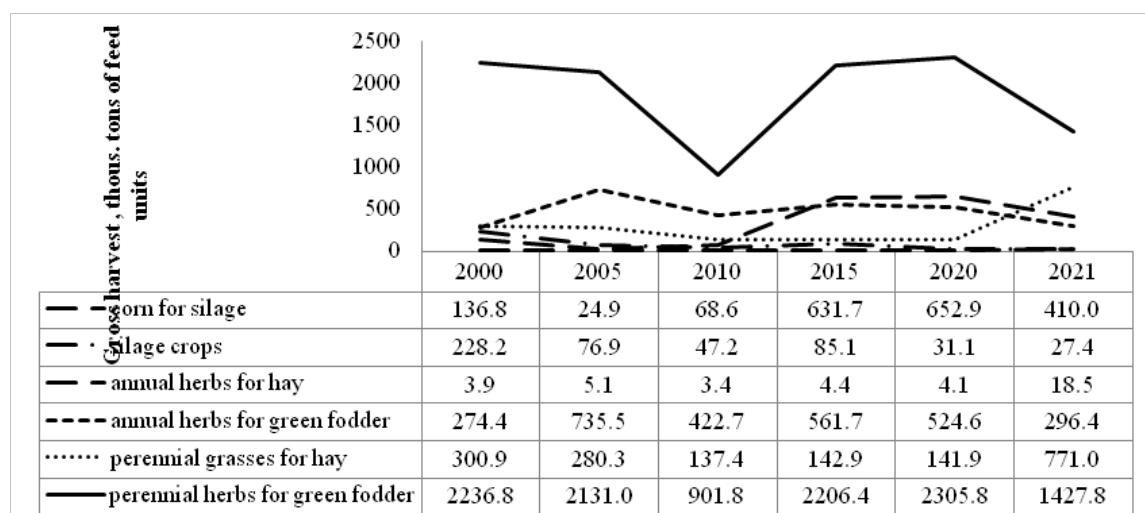


Fig. 3. Gross harvest of fodder crops in agricultural organizations, thousand tons of feed units

сы) и качества корма дают травосмеси люцерны с лядвенцем и фестулолиумом. При включении в состав травосмеси злакового компонента улучшается сахаро-протеиновое отношение полученных кормов. Клевер луговой тетраплоидный в сочетании с люцерной и тимофеевкой обеспечивает урожайность 5,1–8,6 т/га сухой массы и выход корм. ед. 3,5–6,6 тыс/га за три года пользования.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенный анализ развития кормопроизводства в Удмуртской Республике свидетельствует о потенциальной возможности увеличения произ-

водства молока до 1,2 млн тонн к 2030 г. Для этого требуется увеличить количество коров до 140 тыс. голов, а их удой – до 9000 л в год. Для обеспечения возросшего поголовья и его продуктивности необходимо производить на пашне не менее 11 млн т корм. ед. при увеличении площади кормовых культур до 650 тыс. га. Необходимо большее внимание уделять также качеству кормов, внедрению новых видов и сортов комоновых культур, повышению их урожайности, что является важным условием рентабельного ведения животноводства.

Библиографический список

1. Котарев А. В., Котарева А. О., Василенко И. Н., Шайкин Д. В. Современное состояние и условия устойчивого развития сферы молочного скотоводства в России // Аграрный вестник Урала. 2022. Спецвыпуск «Экономика». С. 31–41. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-31-41.
2. Косолапов В. М., Чернявских В. И. Кормопроизводство: состояние, проблемы и роль ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в их решении // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 5–14. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_5.
3. Kotarev A. V., Vasilenko I. N., Kotareva A. O., Dorofeev A. F., Lebed V. N. Modernization of the raw material base for the Russian meat production subcomplex in the conditions of improving the production innovativeness // Revista San Gregorio. 2019. No. 34. Pp. 288–298.
4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике [Электронный ресурс]. URL: <https://udmstat.gks.ru/folder/51953> (дата обращения: 19.12.2022).
5. Кислякова Е. М. Интенсификация производства молока на основе прогрессивных приемов кормления коров в условиях Удмуртской Республики. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2020. 308 с.
6. Алборов Р. А., Концевая С. М. Оценка кормов собственного производства по трансфертным (справедливым) ценам в центрах ответственности // Актуальные проблемы эффективного использования агрохимикатов и воспроизводства плодородия почв: материалы Международной научно-практической конференции. Ижевск, 2022. С. 320–324.
7. Алексеева Н. А. Развитие производственных мощностей объектов АПК // Актуальные проблемы эффективного использования агрохимикатов и воспроизводства плодородия почв: материалы Международной научно-практической конференции. Ижевск, 2022. С. 325–329.
8. Валиуллина Р. Д., Коконов С. И. Кормовые ресурсы – основа стабильного кормопроизводства Удмуртской Республики // Современному АПК – эффективные технологии: материалы Международной научно-практической конференции. Ижевск, 2019. С. 78–82.
9. Статистические сборники МСХиП Удмуртской Республики [Электронный ресурс]. URL: <https://udmark.ru> (дата обращения: 19.12.2022).
10. Воробьева С. Л., Березкина Г. Ю., Кислякова Е. М., Мартынова Е. Н. Современные источники протеина и сахара в кормлении крупного рогатого скота. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2021. 168 с.
11. Kisljakova E. M., Achkasova E. V., Vladykina E. L., Berezkina G. Y., Bass S. P., Azimova G. V. Alternative sources of protein in the diets of highly productive cows // Revista electronica de veterinaria. 2022. Vol. 23. No. 2. Pp. 7–13.
12. Фатыхов И. Ш., Исламова Ч. М., Корепанова Е. В., Бурдина А. М. Земледелие Удмуртской Республики // Роль агрономической науки в оптимизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции. Ижевск, 2020. С. 316–319.
13. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Биохимическая характеристика сортов *Trifolium pratense* L. в условиях Удмуртской Республики // Химия растительного сырья, 2022. № 1. С. 261–268. DOI: 10.14258/jcrpm.2022019738.
14. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С., Фатыхов И. Ш. Влияние погодных условий и способа посева на семенную продуктивность клевера лугового в Среднем Предуралье // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук, 2021. Т. 59. № 2. С. 178–185. DOI: 10.29235/1817-7204-2021-59-2-178-185.
15. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Влияние абиотических факторов Среднего Предуралья на продуктивность многолетних бобовых трав // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-2-13.

Об авторах:

Андрей Викторович Леднев¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-8602-768X, AuthorID 336638; +7 922 684-50-80, avl@udman.ru
 Надежда Ивановна Касаткина¹, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0725-2254, AuthorID 339584; +7 950 156-86-26, ugniish-nauka@yandex.ru
 Жанна Сергеевна Нелюбина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-5751-9557, AuthorID 624201; +7 912 019-99-46, zhannet1976@yandex.ru
 Рафаил Агзамович Файзуллин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-7655-2272, AuthorID 794578; +7 904 835-38-78, azambek@mail.ru
¹Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия

Analysis of the state and prospects for the development of fodder production in the Udmurt Republic

A. V. Lednev¹, N. I. Kasatkina^{1✉}, Zh. S. Nelyubina¹, R. A. Fayzullin¹

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

✉E-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research is based on the analysis the state of dairy cattle breeding and fodder production in the Udmurt Republic, to give recommendations for improving the supply of fodder for domestic production. **Methods.** The state of dairy cattle breeding and fodder production in the Udmurt Republic was assessed according to the statistical data of the Territorial authority of the Federal State Statistics Service for the Udmurt Republic and the Ministry of Agriculture and Food of the Udmurt Republic for 1990–2021. The fodder productivity of promising species and varieties of perennial grasses was analyzed based on the results of studies conducted at the Udmurt Federal Research Center of the UB RAS. **Scientific novelty.** A comprehensive analysis of the number of cattle, gross milk yield, sown areas of fodder crops and their gross harvest in the Udmurt Republic was carried out. **Results.** During the study period, the number of cattle decreased from 592.2 to 336.8 thousand heads, including cows – from 269.2 to 134.5 thousand heads. Milk production increased from 434.6 thousand tons in 2005 to 924.0 thousand tons in 2021. During the study period, the area of arable land decreased from 1233.6 to 917.4 thousand hectares. Forage crops occupied 55.7–62.3 % in the structure of sown areas, the largest area of 567.5 thousand hectares was noted in 2005. The area of fodder crops in 2021 amounted to only 423.5 thousand hectares. An analysis of the fodder production development in the Udmurt Republic indicates the potential for increasing milk production to 1.2 million tons, the number of cows – up to 140 thousand heads. The production of fodder units on arable land should be at least 11 million tons to ensure the increased livestock and its productivity. Also, the area of fodder crops should be increased to 650,000 ha. It is necessary to pay more attention to the introduction of new types and varieties of fodder crops, increasing their yields, and the quality of the fodder produced. **Keywords:** dairy cattle breeding, number of cattle, milk yield, gross harvest, feed units, fodder crops.

For citation: Lednev A. V., Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S., Fayzullin R. A. Analiz sostoyaniya i perspektivy razvitiya kormoproizvodstva v Udmurtskoy Respublike [Analysis of the state and prospects for the development of fodder production in the Udmurt Republic] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-26-35. (In Russian.)

Date of paper submission: 18.01.2023, **date of review:** 10.02.2023, **date of acceptance:** 02.03.2023.

References

1. Kotarev A. V., Kotareva A. O., Vasilenko I. N., Shaykin D. V. Sovremennoe sostoyanie i usloviya ustoychivogo razvitiya sfery molochnogo skotovodstva v Rossii [The current state and conditions of sustainable development of dairy cattle breeding in Russia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. Special issue “Economy”. Pp. 31–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-31-41. (In Russian.)
2. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I. Kormoproizvodstvo: sostoyaniye, problemy i rol' FNTs “VIK im. V. R. Vil'yamsa” v ikh reshenii [Fodder production: the state, problems and the role of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology in their solution] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2022. Vol. 36. No. 4. Pp. 5–14. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_5. (In Russian.)

3. Kotarev A. V., Vasilenko I. N., Kotareva A. O., Dorofeev A. F., Lebed V. N. Modernization of the raw material base for the Russian meat production subcomplex in the conditions of improving the production innovativeness // Revista San Gregorio. 2019. No. 34. Pp. 288–298.
4. Territorial'nyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Udmurtskoy Respublike [Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Udmurt Republic] [e-resource]. URL: <https://udmstat.gks.ru/folder/51953> (date of reference: 19.12.2022). (In Russian.)
5. Kislyakova E. M. Intensifikatsiya proizvodstva moloka na osnove progressivnykh priyemov kormleniya korov v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki [Intensification of milk production based on progressive methods of cow feeding in the conditions of the Udmurt Republic]. Izhevsk: Izhevskaya GSKhA, 2020. 308 p. (In Russian.)
6. Alborov R. A., Kontsevaya S. M. Otsenka kormov sobstvennogo proizvodstva po transfertnym (spravedlivym) tsenam v tsentrakh otvetstvennosti [Evaluation of feed of own production at transfer (fair) prices in the centers of responsibility] // Aktual'nyye problemy effektivnogo ispol'zovaniya agrokhimikatov i vosproizvodstva plodorodiya pochv: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Izhevsk, 2022. Pp. 320–324. (In Russian.)
7. Alekseeva N. A. Razvitie proizvodstvennykh moshchnostey ob'yektov APK [Development of production capacities of agricultural facilities] // Aktual'nyye problemy effektivnogo ispol'zovaniya agrokhimikatov i vosproizvodstva plodorodiya pochv: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Izhevsk, 2022. Pp. 325–329. (In Russian.)
8. Valiullina R. D., Kokonov S. I. Kormovyye resursy – osnova stabil'nogo kormoproizvodstva Udmurtskoy Respubliki [Feed resources are the basis of stable fodder production in the Udmurt Republic] // Sovremennomu APK – effektivnyye tekhnologii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Izhevsk, 2019. Pp. 78–82. (In Russian.)
9. Statisticheskiye sborniki MSKHiP Udmurtskoy Respubliki [Statistical collections of the Ministry of Agriculture of the Udmurt Republic] [e-resource]. URL: <https://udmapk.ru> (date of reference: 19.12.2022). (In Russian.)
10. Vorob'yeva S. L., Berezkina G. Yu., Kislyakova E. M., Martynova E. N. Sovremennyye istochniki proteina i sakhara v kormlenii krupnogo rogatogo skota [Modern sources of protein and sugar in cattle feeding]. Izhevsk: Izhevskaya GSKhA, 2021. 168 p. (In Russian.)
11. Kislyakova E. M., Achkasova E. V., Vladykina E. L., Berezkina G. Y., Bass S. P., Azimova G. V. Alternative sources of protein in the diets of highly productive cows // Revista electronica de veterinaria. 2022. Vol. 23. No. 2. Pp. 7–13.
12. Fatykhov I. Sh., Islamova Ch. M., Korepanova E. V., Burdina A. M. Zemledeliye Udmurtskoy Respubliki [Agriculture of the Udmurt Republic] // Rol' agronomicheskoy nauki v optimizatsii tekhnologiy vozdeyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Izhevsk, 2020. Pp. 316–319. (In Russian.)
13. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S. Biokhimitskaya kharakteristika sortov *Trifolium pratense* L. v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki [Biochemical characteristics of *Trifolium pratense* L. varieties in the Udmurt Republic conditions] // Chemistry of plant raw material, 2022. No. 1. Pp. 261–268. DOI: 10.14258/jcprm.2022019738. (In Russian.)
14. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S., Fatykhov I. Sh. Vliyaniye pogodnykh usloviy i sposoba poseva na semenuyu produktivnost' klevera lugovogo v Srednem Predural'ye [The influence of weather conditions and the sowing method on the seed productivity of meadow clover in the Middle Urals] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series, 2021. Vol. 59. No. 2. Pp. 178–185. DOI: 10.29235/1817-7204-2021-59-2-178-185. (In Russian.)
15. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S. Vliyaniye abioticheskikh faktorov Srednego Predural'ya na produktivnost' mnogoletnikh bobovykh trav [Influence of abiotic factors of the Middle Cis-Urals on the productivity of perennial legumes] // Agrarian Bulletin of the Urals, 2022. No. 04 (219). Pp. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-2-13. (In Russian.)

Authors' information:

Andrey V. Lednev¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0002-8602-768X, AuthorID 336638; +7 922 684-50-80, avl@udman.ru

Nadezhda I. Kasatkina¹, doctor of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-0725-2254, AuthorID 339584; +7 950 156-86-26, ugniish-nauka@yandex.ru

Zhanna S. Nelyubina¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-5751-9557, AuthorID 624201; +7 912 019-99-46, zhannet1976@yandex.ru

Rafail A. Fayzullin¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-7655-2272, AuthorID 794578; +7 904 835-38-78, azambek@mail.ru

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

Урожайность озимой пшеницы в зависимости от сроков и норм высева

А. А. Тедеева¹, В. В. Тедеева¹✉

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

✉E-mail: vikkimarik@bk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований по изучению норм высева (3, 4, 5 млн всхожих семян на 1 га) и сроков посева в богарных условиях степной зоны Республики Северная Осетия – Алания на двух новых высокоурожайных сортах Гомер и Баграг селекции НЦЗ им. П. П. Лукьяненко. **Цель** исследований – изучить влияние сроков посева и норм высева новых высокоурожайных сортов озимой пшеницы в условиях степной зоны РСО-Алания. **Новизна** – впервые в конкретных почвенно-климатических условиях степной зоны изучена реакция новых районированных сортов на разные сроки посева и нормы высева. **Методика.** Исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытных полях Владикавказского научного центра, расположенных в степной зоне Моздокского района. Посев проводили в сроки 10, 20, 30 сентября. Изучали нормы высева 3, 4, и 5 млн всхожих семян. Семена перед посевом обработали инсектицидом «Табу Нео» (для защиты семян от вредителей) и фунгицидом «Максим Форте» (для защиты семян от патогенов). **Результаты.** Установлено, что посевы озимой пшеницы в третий срок посева (30 сентября) с нормой высева 5 млн всхожих семян на 1 га показали лучшие результаты по урожайности, где у сорта Гомер получена урожайность 4,74 т/га, когда у этого же сорта при посеве в первом сроке (10 сентября) получена урожайность 4,45 т/га. Такая же тенденция выявлена по сорту Баграг, где урожайность была наибольшей (4,65 т/га) при норме высева 5 млн всхожих семян на 1 га в третьем сроке посева. Исследуемые сорта сформировали более тяжеловесное зерно в третьем сроке посева (30 сентября). У сорта озимой пшеницы Гомер масса 1000 семян составила 45,4 г, у сорта Баграг – 43,9 г.

Ключевые слова: нормы и сроки посева, полевая всхожесть, густота стояния растений, высота растений, урожайность.

Для цитирования: Тедеева А. А., Тедеева В. В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от сроков и норм высева // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 36–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-36-48.

Дата поступления статьи: 23.12.2022, **дата рецензирования:** 31.01.2023, **дата принятия:** 20.02.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В Моздокском районе степной зоны РСО-Алания озимая пшеница занимает в среднем 32 тыс. га из общей площади сельскохозяйственных земель [1; 2].

Озимую пшеницу используют в хлебопекарной, кондитерской, макаронной промышленности, переработки на крахмал, спирт. Отзывчивость новых сортов на усовершенствованные приемы агротехники и высокую урожайность способствуют увеличению посевных площадей [3–5].

При возделывании озимых зерновых культур в сельскохозяйственном производстве неотъемлемой частью стало выведение новых высокоурожайных сортов в производство, которые обладают повышенной зимостойкостью, засухоустойчивостью, устойчивостью к вредителям и болезням, с каче-

ственными хлебопекарными показателями и большим потенциалом урожайности. Если технология возделывания соответствует биологическим особенностям роста озимой пшеницы, потенциал продуктивности любого сорта полностью раскрывается [6–8].

Биологические особенности каждого сорта играют важную роль для получения заданных урожаев именно в разных конкретно-климатических зонах. Если сев проводить в оптимальные сроки осенью, озимая пшеница успевает хорошо раскуститься, наиболее полно употребить осенние запасы влаги, что сказывается в период дальнейшей вегетации растений [9; 10].

Озимые зерновые созревают быстрее других культур, более засухоустойчивы, в период налива зерна – набирают все необходимые питательные ве-

щества. При ранних сроках сева фазы роста пройдут более длительный путь. Если растения озимой пшеницы с кустистостью больше, чем побеги, они становятся переросшими, затраты питательных веществ тратятся быстрее [12; 13].

При температуре воздуха 4–6 °С начинается фаза закалки, после прохождения которой растения переносят температуру до –14 °С. В этот период большую роль играют количество влаги в почве и температурный режим. Вторая фаза закалки должна проходить уже под снежным покровом при температуре –2...–5 °С [14–16].

Оптимизация норм высева повышает рентабельность производства. Правильный выбор норм высева для конкретных почвенно-климатических зон, обеспечит интенсивный рост растений, устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды, стабильную урожайность и улучшение качества получаемой продукции [17; 18].

Следовательно, проведение исследований по вопросам сроков посева и норм высева является актуальной задачей сельскохозяйственного производства.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в 2019–2021 гг. на опытных полях Владикавказского научного центра РАН, расположенных в Моздокском районе (степная зона), занимающих площадь до 90,7 тыс. га. Они охватывают Моздокский административный район и расположены в пределах высот 150–250 м над уровнем моря с общим наклоном с юга на север. Равнинность рельефа местами нарушается древними и современными террасами р. Терек.

Климат в зоне умеренно-континентальный, жаркий. Осадки выпадают неравномерно и не обеспечивают оптимального водного режима для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Среднегодовое количество осадков за 2020–2022 гг. составило в зоне 360–480 мм. Из них на вегетационный период приходится 280–300 мм. Больше осадков выпадает летом – 144,4 мм, меньше – зимой (27,2 мм). Сумма активных температур (выше 0 °С) за год составляет 4243,1 °С, выше 10 °С – 3782,8 °С [12].

Почва опытного участка – каштаново-карбонатная. Каштановые карбонатные почвы имеют благоприятные физические свойства. Объемная масса неорошаемой каштановой карбонатной почвы в пахотном слое составляет 1,18 г/см³. Гумус расматриваемых почв сравнительно богат азотом, количество которого в гумусе пахотного горизонта составляет 5–6 %, а в почвенной массе – 0,16–0,21. При высоком содержании валового фосфора в пахотном горизонте (0,20 %) его подвижными формами почвы, очень низко обеспечены (15–17 мг/кг почвы). Содержание в них обменного калия, наоборот, достаточно высоко (201–282 мг/кг почвы) [10].

Полевые опыты закладывались на двух новых для нашей Республики высокоурожайных сортах озимой пшеницы Гомер и Баграт – селекции НЦЗ им. П. П. Лукьяненко, в трехкратной повторности, размер делянок: длина 10 м, ширина 10 м, боковые защитные полосы – 0,5 м, концевые – 2 м. Общая площадь опытов составила – 100 м², а учетная – 54 м².

Расположение вариантов рендомизированное.

Схема трехфакторного полевого опыта:

Фактор А (сорта): Гомер и Баграт.

Фактор В (сроки посева):

1. Первая декада сентября – (10-го) (контроль).
2. Вторая декада сентября – (20-го).
3. Третья декада сентября – (30-го).

Фактор С (нормы высева):

1. 3 млн всхожих семян/га (контроль).
2. 4 млн всхожих семян/га.
3. 5 млн всхожих семян/га.

В ходе вегетационных периодов озимой пшеницы проводились учеты, наблюдения, отбирались растительные и почвенные образцы по общепринятым методикам (по Б. А. Доспехову) [11].

Технология возделывания озимой пшеницы соответствовала принятой в степной зоне, кроме изучаемых факторов.

Результаты (Results)

Озимая пшеница, посеянная в оптимальные сроки, хорошо раскустившаяся, переносит низкие температуры до –16...–18 °С. Устойчивость озимой пшеницы к низким температурам, является одним из условий, которые в дальнейшем влияют на потенциальную продуктивность, урожайность зерна. В повышении урожайности немалая роль отводится нормам высева, количеству растений на 1 м², которые в дальнейшем определяют продуктивность каждого растения, поэтому правильный выбор норм высева для каждого конкретного сорта является неотъемлемой частью повышения урожайности. Чтобы правильно выбрать норму высева, необходимо учитывать климатические условия данной зоны, знать почвенную характеристику почв, обработку почвы, желательно сеять по зернобобовым предшественникам.

В богарных условиях степной зоны в 2019–2021 гг. проведены исследования по изучению норм и сроков посева на посевах новых сортов озимой пшеницы для нашей республики.

Сев проводили по предшественнику – озимый рапс, при посеве вносили N₉₀P₆₀K₆₀. Подготовка почвы состояла из двукратного дискования тяжелыми дисковыми боронами БДТ на глубину 14–16 см с последующим прикатыванием кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6А. Перед посевом проводили культивацию почвы на глубину 6–8 см. Посев проводили сеялкой СЗТ-5.6, после чего почву прикатывали теми же катками. Благоприятные климатические условия

года в начальный период жизни озимой пшеницы положительно сказываются при всем его последующем развитии, а также на урожайности. Крупные и хорошо развитые раскустившиеся растения с осени бывают обеспечены достаточным количеством влаги. В последующем обеспеченные влагой в начале вегетации развития растения благоприятно сказываются на его развитии и продуктивности.

При формировании урожая фаза «посев – всходы» играет основную роль. Получение дружных всходов осенью при возделывании озимой пшеницы является необходимым условием повышения урожайности.

В наших исследованиях у сорта озимой пшеницы Гомер фаза «посев – всходы» составила на контрольном варианте (при первом сроке сева) – 15 дней, во втором сроке – 14 дней и минимальной была при третьем сроке сева – 13 дней (рис. 1).

По сорту Баграт фаза «посев – всходы» была более продолжительной на контрольном варианте, всходы появились на 18-й день, при втором сроке – на 17-й день, при третьем сроке – на 15-й день. При третьем сроке посева в почве было достаточное количество влаги, что ускорило появление всходов на 2–3 дня раньше. Продолжительность фазы «посев – всходы» у изучаемых сортов Гомер и Баграт наименьшим был в 2021 г. в третьей декаде сентября, где всходы появились на два дня раньше.

Результаты исследований по полевой всхожести приведены в таблице 1.

Согласно результатам исследования, по полевой всхожести максимальные показатели отмечены при третьем сроке посева с нормой высева 5 млн. всхожих семян/га и составили по сорту Гомер от 84 до 86 %, на контрольном варианте – 79 %, на втором сроке сева – до 83 %. Полевая всхожесть по

сорту Баграт на контроле (10 сентября) составила 80–82 %. Наилучшие показатели также получены в третьем сроке сева (82–85 %) с всхожестью семян 5 млн шт/га.

Сроки сева и нормы высева также влияли на густоту стояния растений (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, наибольшее количество растений к уборке получено по сорту Гомер – 350,8 шт/м² – с нормой высева 5 млн всхожих семян/га, во втором сроке посева – 345,8 шт/м², когда на контрольном варианте срока сева – 338,1 шт/м².

В фазу весеннего кушения густота стояния растений составила 425,1 шт/м², в фазу выхода в трубку – 359,3 шт. м². С уменьшением норм высева в наших исследованиях уменьшалась и густота растений, на контрольном варианте с нормой высева 3 млн всхожих семян к уборке составила 310,8 шт/м², с нормой 4 млн всхожих семян/га – 337,6 шт/га. По сорту Баграт получены аналогичные результаты. В изучаемых вариантах наибольшая разница отмечена в фазы выход в трубку, где по сорту Гомер при норме 5 млн всхожих семян она составила 425,1 шт. (при третьем сроке сева).

В период вегетации активный рост растений зависит от условий произрастания. Проведенные исследования позволили выявить влияние сроков и норм высева на ее высоту (таблица 3).

Данные таблицы 3 показывают, что в фазу выхода в трубку – колошения высота растений увеличивалась 1,5–1,6 раза, от фазы колошения до предуборочной спелости растения озимой пшеницы менее интенсивно развиваются. По сорту Гомер высота растений на контрольном варианте составила 68,2 см при норме 3 млн всхожих семян/га, при втором сроке посева – 70,5 см, при третьем сроке сева – 71,8 см.

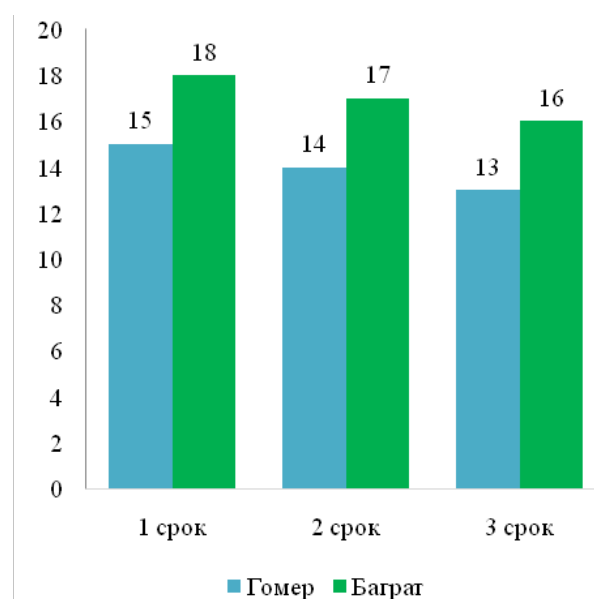


Рис. 1. Продолжительность периода «посев – всходы» на посевах озимой пшеницы в зависимости от сроков посева (дни)

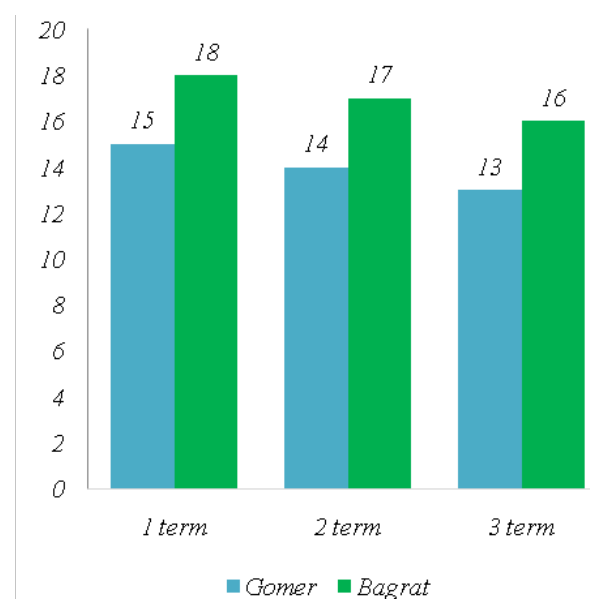


Fig. 1. The duration of the “sowing – shooting” period on winter wheat crops depending on the sowing time (days)

Влияние сроков и норм высева на полевую всхожесть сортов озимой пшеницы

Фактор А – сорта	Фактор В – сроки посева	Фактор С – нормы высева (млн всхожих семян на 1 га)	Полевая всхожесть (в среднем за три года), %
Гомер	10.09 (контроль)	3 (контроль)	80
		4	80
		5	81
	20.09	3 (контроль)	79
		4	80
		5	83
	30.09	3 (контроль)	86
		4	83
		5	86
Баграт	10.09 (контроль)	3 (контроль)	80
		4	82
		5	82
	20.09	3 (контроль)	81
		4	82
		5	83
	30.09	3 (контроль)	82
		4	84
		5	85

Table 1

Influence of timing and seeding rates on field germination of winter wheat varieties

Factor A – varieties	Factor B – terms sowing	Factor C – seeding rates, million seeds/ha	Field germination (average for three years), %
Gomer	10.09 (control)	3 (control)	80
		4	80
		5	81
	20.09	3 (control)	79
		4	80
		5	83
	30.09	3 (control)	86
		4	83
		5	86
Bagrat	10.09 (control)	3 (control)	80
		4	82
		5	82
	20.09	3 (control)	81
		4	82
		5	83
	30.09	3 (control)	82
		4	84
		5	85

Самые высокие растения в наших исследованиях отмечены в третьем сроке посева (30 сентября) – 77,0 см, при норме 5 млн всхожих семян на 1 га, от выхода в трубку до молочной спелости (предуборочной) спелости разница составила 22,3 см (по изучаемым сортам).

В формировании урожая сельскохозяйственных культур немалая роль отводится фотосинтезу. Установлено, что продуктивность посевов обеспе-

чивается при формировании фотосинтетического потенциала. Площадь листьев растений, приходящаяся на единицу площади – один из важных физиологических характеристик.

На фотосинтетическую деятельность озимой пшеницы влияют генетические и физиологические особенности растений, внешние условия среды (условия питания, климатические условия) (таблица 4).

Таблица 2
Густота стояния растений озимой пшеницы в зависимости от сроков и норм высева (среднее за три года), шт/м²

Фактор В – сроки посева	Фактор С – нормы высева, млн всхожих семян/га	Фазы развития			
		Весеннее кущение	Выход в трубку	Колошение	Предуборочная спелость зерна
Гомер					
10.09 (контроль)	3 (контроль)	410,3	330,4	325,1	310,8
	4	413,8	347,3	339,6	337,6
	5	415,3	354,6	341,1	338,1
20.09	3 (контроль)	411,6	335,2	330,8	327,1
	4	417,8	349,6	342,9	340,2
	5	420,3	356,2	350,2	345,8
30.09	3 (контроль)	415,1	340,1	335,1	333,2
	4	421,3	353,8	350,8	347,6
	5	425,1	359,3	352,2	350,8
Баграп					
10.09 (контроль)	3 (контроль)	408,7	327,8	321,6	304,1
	4	411,6	344,1	335,1	331,1
	5	413,3	351,2	329,1	329,8
20.09	3 (контроль)	409,8	332,1	326,7	323,1
	4	415,3	346,1	341,3	339,2
	5	418,8	353,6	336,6	336,1
30.09	3 (контроль)	413,6	336,1	321,4	329,1
	4	419,1	350,8	345,4	341,6
	5	423,9	356,3	339,1	339,0

Table 2
Standing density of winter wheat plants, depending on the timing and seeding rates (average for three years), pcs/m²

Factor B – sowing terms	Factor C – seeding rates, million seeds/ha	Development phases			
		Spring tillering	Exit to the handset	Heading	Pre-harvest ripeness of grain
Gomer					
10.09 (control)	3 (control)	410.3	330.4	325.1	310.8
	4	413.8	347.3	339.6	337.6
	5	415.3	354.6	341.1	338.1
20.09	3 (control)	411.6	335.2	330.8	327.1
	4	417.8	349.6	342.9	340.2
	5	420.3	356.2	350.2	345.8
30.09	3 (control)	415.1	340.1	335.1	333.2
	4	421.3	353.8	350.8	347.6
	5	425.1	359.3	352.2	350.8
Bagrat					
10.09 (control)	3 (control)	408.7	327.8	321.6	304.1
	4	411.6	344.1	335.1	331.1
	5	413.3	351.2	329.1	329.8
20.09	3 (control)	409.8	332.1	326.7	323.1
	4	415.3	346.1	341.3	339.2
	5	418.8	353.6	336.6	336.1
30.09	3 (control)	413.6	336.1	321.4	329.1
	4	419.1	350.8	345.4	341.6
	5	423.9	356.3	339.1	339.0

Таблица 3

Высота растений озимой пшеницы в зависимости от сроков и норм высева (в среднем за 3 года, см)

Фактор А – сорта	Фактор В – сроки посева	Фактор С – нормы высева (млн всхожих семян на 1 га)	Фазы развития			
			Весеннее кущение	Выход в трубку	Колошение	Предуборочная спелость
Гомер	10.09 (контроль)	3 (контроль)	23,0	40,5	64,7	68,2
		4	24,6	44,3	68,6	71,5
		5	25,5	45,1	69,3	74,4
	20.09	3 (контроль)	25,5	45,1	68,5	70,5
		4	27,0	50,5	71,4	72,2
		5	27,7	51,3	75,2	75,0
	30.09	3 (контроль)	26,0	46,2	69,0	71,8
		4	28,1	51,7	73,1	75,2
		5	29,0	54,3	76,1	77,0
Баграт	10.09 (контроль)	3 (контроль)	22,6	39,4	63,4	67,4
		4	23,9	43,0	67,7	70,5
		5	25,0	44,8	69,0	73,1
	20.09	3 (контроль)	24,8	44,5	68,0	69,2
		4	26,1	49,4	70,5	71,3
		5	26,9	50,5	74,1	73,9
	30.09	3 (контроль)	25,5	45,7	68,1	70,7
		4	27,1	50,5	72,5	74,1
		5	28,3	53,7	75,7	76,0

Agrotechnologies

Table 3

The height of winter wheat plants depending on the timing and seeding rates (average for 3 years, cm)

Factor A – varieties	Factor B – terms sowing	Factor C – seeding rates, million seeds/ha	Development phases			
			Spring tillering	Exit to the handset	Heading	Preharvest ripeness
Gomer	10.09 (control)	3 (control)	23.0	40.5	64.7	68.2
		4	24.6	44.3	68.6	71.5
		5	25.5	45.1	69.3	74.4
	20.09	3 (control)	25.5	45.1	68.5	70.5
		4	27.0	50.5	71.4	72.2
		5	27.7	51.3	75.2	75.0
	30.09	3 (control)	26.0	46.2	69.0	71.8
		4	28.1	51.7	73.1	75.2
		5	29.0	54.3	76.1	77.0
Bagrat	10.09 (control)	3 (control)	22.6	39.4	63.4	67.4
		4	23.9	43.0	67.7	70.5
		5	25.0	44.8	69.0	73.1
	20.09	3 (control)	24.8	44.5	68.0	69.2
		4	26.1	49.4	70.5	71.3
		5	26.9	50.5	74.1	73.9
	30.09	3 (control)	25.5	45.7	68.1	70.7
		4	27.1	50.5	72.5	74.1
		5	28.3	53.7	75.7	76.0

Таблица 4

Динамика площади листьев в зависимости от сроков и норм высева (тыс. м²/га)

Агротехнологии

Фактор А – сорта	Фактор В – сроки посева	Фактор С – нормы высева (млн всхожих семян на 1 га)	Фазы развития			
			Весеннее кущение	Выход в трубку	Колошение	Предуборочная спелость зерна
Гомер	10.09 (контроль)	3 (контроль)	10,5	20,4	26,9	10,6
		4	11,2	21,0	27,9	11,6
		5	11,8	21,8	29,0	11,9
	20.09	3 (контроль)	12,7	22,9	29,7	11,6
		4	14,0	25,4	32,5	14,1
		5	15,1	26,0	34,4	16,0
	30.09	3 (контроль)	14,6	24,6	30,8	12,5
		4	16,6	26,9	34,5	15,7
		5	17,2	29,0	38,7	16,7
Багра́т	10.09 (контроль)	3 (контроль)	10,2	19,6	26,1	9,9
		4	10,9	20,3	27,3	11,3
		5	11,5	21,2	28,3	11,4
	20.09	3 (контроль)	12,4	22,3	28,5	11,3
		4	13,6	24,6	31,2	13,4
		5	14,6	25,7	33,3	15,0
	30.09	3 (контроль)	13,9	23,9	30,0	12,0
		4	15,9	26,8	32,7	14,8
		5	16,6	28,3	37,8	16,3

Table 4

Dynamics of leaf area depending on the timing and seeding rates (thousand m²/ha)

Factor A – varieties	Factor B – terms sowing	Factor C – seeding rates, million seeds/ha	Development phases			
			Spring tillering	Exit to the handset	Heading	Preharvest ripeness
Homer	10.09 (control)	3 (control)	10.5	20.4	26.9	10.6
		4	11.2	21.0	27.9	11.6
		5	11.8	21.8	29.0	11.9
	20.09	3 (control)	12.7	22.9	29.7	11.6
		4	14.0	25.4	32.5	14.1
		5	15.1	26.0	34.4	16.0
	30.09	3 (control)	14.6	24.6	30.8	12.5
		4	16.6	26.9	34.5	15.7
		5	17.2	29.0	38.7	16.7
Bagrat	10.09 (control)	3 (control)	10.2	19.6	26.1	9.9
		4	10.9	20.3	27.3	11.3
		5	11.5	21.2	28.3	11.4
	20.09	3 (control)	12.4	22.3	28.5	11.3
		4	13.6	24.6	31.2	13.4
		5	14.6	25.7	33.3	15.0
	30.09	3 (control)	13.9	23.9	30.0	12.0
		4	15.9	26.8	32.7	14.8
		5	16.6	28.3	37.8	16.3

Исследования показали, что формирование листовой поверхности озимой пшеницы происходило следующим образом: средняя площадь листовой поверхности в зависимости от норм высева возрастала в фазу весеннего кущения по сорту Гомер от 10,5 до 17,2 тыс. м²/га, по сорту Багра́т – от 10,2 до 16,6 тыс. м²/га. В фазу выхода в трубку данные соста-

вили 20,4–29,0 тыс. м²/га по сорту Гомер, аналогичные показатели по сорту Багра́т. Площадь листовой поверхности достигла максимума в фазу колошения и составил по сорту Гомер – 26,9–38,7 тыс. м²/га, по сорту Багра́т – 26,1–37,8 тыс. м²/га. После прохождения фазы колошения рост листьев замедляется, часть отмирает, и в фазу предуборочной спелости

зерна их ассимиляционная поверхность уменьшается в 2,0–2,5 раза. Лучшие показатели по данным вариантам отмечены по сорту Гомер при третьем сроке сева (30 сентября) с нормой высева 5 млн всхожих семян/га.

Продолжительность жизнеспособности площади листьев определяет фотосинтетический по-

тенциал растений. Установлено, что наибольшее нарастание фотосинтетического потенциала (ФП) наблюдалось в фазу выхода в трубку – колошения. На контрольном варианте (при норме высева 3 млн/га) ФП был равен 698,3 тыс м²/га в сутки, 721,7 тыс м²/га в сутки при норме высева 4 млн/га, при норме 5 млн/га – 731,6 тыс. м²/га в сутки.

Таблица 5
Структура урожайности в зависимости от сроков и норм высева (в среднем за три года)

Фактор А – сорта	Фактор В – сроки посева	Фактор С – нормы высева (млн всхожих семян на 1 га)	Стеблей, шт/м ²	Количество зерен в колосе, шт.	Масса, г	
					зерна с 1 колоса	1000 семян
Гомер	10.09 (контроль)	3 (контроль)	319,0	30,5	1,28	40,7
		4	340,1	32,0	1,29	41,3
		5	348,3	32,7	1,30	41,5
	20.09	3 (контроль)	342,0	33,7	1,33	42,0
		4	350,5	35,0	1,37	42,3
		5	360,3	36,7	1,40	44,0
	30.09	3 (контроль)	355,0	34,7	1,34	42,9
		4	372,5	36,2	1,39	44,8
		5	389,1	37,2	1,42	45,2
Баграт	10.09 (контроль)	3 (контроль)	317,1	28,3	1,26	39,8
		4	336,0	29,6	1,28	40,5
		5	340,5	30,5	1,29	40,7
	20.09	3 (контроль)	336,0	31,7	1,32	41,4
		4	341,1	32,2	1,33	41,1
		5	354,0	32,5	1,35	42,2
	30.09	3 (контроль)	349,0	32,5	1,33	42,0
		4	364,1	33,6	1,35	43,4
		5	380,0	34,5	1,39	43,7

Table 5
Yield structure depending on the timing and sowing rates (averaged over three years)

Factor A – varieties	Factor B – terms sowing	Factor C – seeding rates, million seeds/ha	Stem, pcs/m ²	The number of grains in the ear, pcs.	Weight, g	
					of the grain from 1 ear	1000 seeds
Gomer	10.09 (control)	3 (control)	319.0	30.5	1.28	40.7
		4	340.1	32.0	1.29	41.3
		5	348.3	32.7	1.30	41.5
	20.09	3 (control)	342.0	33.7	1.33	42.0
		4	350.5	35.0	1.37	42.3
		5	360.3	36.7	1.40	44.0
	30.09	3 (control)	355.0	34.7	1.34	42.9
		4	372.5	36.2	1.39	44.8
		5	389.1	37.2	1.42	45.2
Bagrat	10.09 (control)	3 (control)	317.1	28.3	1.26	39.8
		4	336.0	29.6	1.28	40.5
		5	340.5	30.5	1.29	40.7
	20.09	3 (control)	336.0	31.7	1.32	41.4
		4	341.1	32.2	1.33	41.1
		5	354.0	32.5	1.35	42.2
	30.09	3 (control)	349.0	32.5	1.33	42.0
		4	364.1	33.6	1.35	43.4
		5	380.0	34.5	1.39	43.7

Сроки и нормы высева влияют на все элементы структуры урожайности, которые формируются в период развития растений, зависят от климатических условий возделывания и биологических свойств сортов. Густота продуктивности стеблестоя, величина колоса и масса 1000 семян являются составляющими элементами структуры урожайности озимых культур. Изменения элементов структуры урожайности в зависимости от сроков и норм высева приведены в таблице 5.

Как видно из таблицы 5, по показателю продуктивности стеблестоя наилучшие результаты отмечены в третьем сроке посева – 389,1 шт/м² с нормой высева 5 млн всхожих семян/га по сорту озимой пшеницы Гомер. При втором сроке посева – 360,3 шт/м², а на контроле – 348,3 шт/м². С уменьшением норм высева показатели продуктивного стеблестоя уменьшались. Аналогичные результаты получены по сорту Баграт, при третьем сроке посева (30 сентября) значения составили 380,0 шт/м².

Количество зерен в колосе в зависимости от изучаемых факторов изменялось. По сорту Баграт на контрольном варианте с нормой 3 млн всхожих семян/га оно составило 28,3 шт., при втором сроке – 31,7 шт., при третьем сроке с той же нормой – 32,5 шт. В наших исследованиях выявлено, что чем меньше норма высева, тем меньше и количество зерен в колосе. По массе 1000 семян получены та-

кие же результаты. По изучаемым сортам озимой пшеницы Гомер и Баграт по массе 1000 семян получены лучшие результаты при третьем сроке посева с нормой 5 млн всхожих семян/га и составили 43,7–45,2 г. Изучаемые сорта сформировали более тяжеловесное зерно при этом варианте (при посеве в третьей декаде – 30 сентября) с нормой 5 млн всхожих семян/га.

Анализ результатов наших исследований показал, что сорт Гомер наивысший урожай сформировал при третьем сроке сева (30 сентября) с нормой высева 5 млн всхожих семян/га (таблица 6)

Урожайность в зависимости от изучаемых факторов возрастала на 0,19 т/га у сорта Гомер на контрольном варианте (при первом сроке), при втором сроке – на 0,18 т/га, при третьем сроке сева с нормой 5 млн шт/га была наибольшей и составила 4,74 т/га, урожайность возросла на 0,20 т/га. Аналогичные результаты получены и по сорту Баграт, где урожайность (при первом сроке) составила – 4,36 т/га, что на 0,20 т/га больше чем на контрольном варианте, при втором сроке сева – 4,49 т/га, что на 0,18 т/га больше. Наибольший показатель урожайности озимой пшеницы по сорту Баграт составил - 4,65 т/га при третьем сроке сева, что на 0,25 т/га выше контрольного варианта.

Таблица 6

Влияние сроков и норм высева на урожайность озимой пшеницы (среднее за 2019–2021 гг.)

Фактор А – сорта	Фактор В – сроки посева	Фактор С – нормы высева (млн всхожих семян на 1 га)	Средняя урожайность, т/га
Гомер	10.09 (контроль)	3 (контроль)	4,26
		4	4,38
		5	4,45
	20.09	3 (контроль)	4,41
		4	4,52
		5	4,59
	30.09	3 (контроль)	4,48
		4	4,62
		5	4,74
Баграт	10.09 (контроль)	3 (контроль)	4,16
		4	4,29
		5	4,36
	20.09	3 (контроль)	4,31
		4	4,43
		5	4,49
	30.09	3 (контроль)	4,40
		4	4,51
		5	4,65
	HCP ₀₅		0,63
	HCP ₀₅ A		0,44
	HCP ₀₅ B		0,52
	HCP ₀₅ C		0,63

Influence of timing and seeding rates on the yield of winter wheat (compare for 2019–2021)

<i>Factor A – varieties</i>	<i>Factor B – terms sowing</i>	<i>Factor C – seeding rates, million seeds/ha</i>	<i>Average yield, t/ha</i>
<i>Homer</i>	<i>10.09 (control)</i>	<i>3 (control)</i>	4.26
		<i>4</i>	4.38
		<i>5</i>	4.45
	<i>20.09</i>	<i>3 (control)</i>	4.41
		<i>4</i>	4.52
		<i>5</i>	4.59
	<i>30.09</i>	<i>3 (control)</i>	4.48
		<i>4</i>	4.62
		<i>5</i>	4.74
<i>Bagrat</i>	<i>10.09 (control)</i>	<i>3 (control)</i>	4.16
		<i>4</i>	4.29
		<i>5</i>	4.36
	<i>20.09</i>	<i>3 (control)</i>	4.31
		<i>4</i>	4.43
		<i>5</i>	4.49
	<i>30.09</i>	<i>3 (control)</i>	4.40
		<i>4</i>	4.51
		<i>5</i>	4.65
	<i>LSD₀₅</i>		0.63
	<i>LSD₀₅A</i>		0.44
	<i>LSD₀₅B</i>		0.52
	<i>LSD₀₅C</i>		0.63

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Установлено, что в условиях степной зоны Республики Северная Осетия – Алания за годы исследований (2019–2021 гг.) озимой пшеницы оптимальным вариантом по срокам сева является третья декада сентября (30 сентября), а оптимальной нор-

мой посева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Новые для нашей республики сорта озимой пшеницы Гомер и Багра́т сформировали высокую урожайность зерна (4,74 т/га и 4,65 т/га соответственно) с хорошими хлебопекарными качествами.

Библиографический список

- Маркин В. Д., Маркин П. В., Щетинин П. Б. Посевные качества семян сортов озимой пшеницы // Наука и образование. 2021. Т. 4. № 3. С. 62–68.
- Левакова О. В., Барковская Т. А. Оптимизация сроков посева и норм высева при адаптивном управлении технологией возделывания озимой пшеницы сорта Виола // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 40–42. DOI: 10.30850/vrsn/2019/2/40-42.
- Горяников Ю. В., Хубиева З. Х. Влияние посевных качеств семян на всхожесть сортов пшеницы мягкой озимой // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 4 (36). С. 60–64. DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-36-60-64.
- Ибрагимов З. А. Влияние применения гербицида и удобрений на урожайность озимой пшеницы // Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 6 (103). С. 156–158.
- Шурганов Б. В., Сорокин А. И., Гольдварг Б. А., Даваев А. В. Водопотребление озимой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений на светло-каштановой почве // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 4 (11). С. 39–44. DOI: 10.25930/mtv3-s844.
- Гладкова Е. В., Волкова Г. В., Игнатьева О. О. Иммунологическая оценка сортов озимой пшеницы к стеблевой ржавчине пшеницы на Юге России // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 6. С. 22–25. DOI: 10.31857/S2500262722060059.
- Мамсиров Н. И., Макаров А. А. Эффективность применения гербицидов при возделывании озимой пшеницы // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса юга России: сборник докладов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Майкоп, 2020. С. 120–125.
- Пынтиков С. А., Гвоздов А. П., Булавин Л. А. Влияние гербицидов на засоренность посевов и урожайность зерна озимой пшеницы // Земледелие и селекция в Белоруссии. 2019. № 55. С. 7–23.

9. Тедеева А. А., Тедеева В. В. Агротехнические приемы повышения продуктивности перспективных сортов озимой пшеницы // Научная жизнь. 2020. Т. 15 (6). № 106. С. 777–784. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-6-777-784.
10. Шалыгина А. А., Тедеева А. А. Влияние регулятора роста на структуру урожая озимой пшеницы // Аграрная наука. 2021. № 4. С. 64–67. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-348-4-64-67.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. Москва: Книга по Требованию, 2013. 349 с.
12. Радченко Л. А., Ганоцкая Т. Л., Радченко А. Ф., Бабанина С. С. Сроки сева и их влияние на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6 (78). С. 95–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-95-103.
13. Сорока С. В. Защита посевов озимой пшеницы от сорных растений гербицидом Соил, ВДГ в Беларуси // Защита растений. 2020. № 44. С. 44–53.
14. Оленин О. А., Зудилин С. Н. Элементы органической технологии возделывания ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2022. № 3. С. 13–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-13-23.
15. Юсов В. С., Евдокимов М. Г., Шпигель А. Л. Комбинационная способность сортов и линий яровой твердой пшеницы по элементам продуктивности и качеству клейковины // Аграрный Вестник Урала. 2022. № 9. С. 59–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-59-70.
16. Kishev A. Y., Berbekov K. Z., Shibzukhova Z. S., Shibzukhov Z. G. S., Mamsirov N. I. Improvement of cultivation technology of winter durum wheat in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic // E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations. FARBA 2021”. Orel, 2021. Article number 2028. DOI: 10.1051/e3sconf/202125402028
17. Vorotnikov I. L., Ukolova N. V., Monakhov S. V., Shikhanova Yu. A., Neifeld V. V. Economic aspects of the development of the “digital agriculture” system // Scientific Papers. Series: Management, Economic Engineering and Rural Development. 2020. Vol. 20. No. 1. Pp. 633–638.
18. Nazarova A. A. Effect of iron nanopowder on the physiological resistance of winter wheat to low temperatures // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Dushanbe, 2022. Article number 012037. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012037.

Об авторах:

Альбина Ахурбековна Тедеева¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, ORCID 0000-0002-0638-5269, AuthorID 611912; +7 918 820-33-74, tedeeva64@bk.ru

Виктория Витальевна Тедеева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, ORCID 0000-0001-7543-8355, AuthorID 936219; +7 919 421-32-46, vikkimarik@bk.ru

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

The influence of timing and seeding rates on the yield of winter wheat

A. A. Tedeeva¹, V. V. Tedeeva¹✉

¹North Caucasus 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: vikkimarik@bk.ru

Abstract. The article presents the results of experimental studies on the study of seeding rates – 3, 4, 5 million germinating seeds per 1 ha, and sowing dates, in the rainfed conditions of the steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania, on two new high-yielding varieties – Gomer and Bagrat, bred by the National Central Plant named after P. P. Lukyanenko. **The purpose** of the research is to study the optimal sowing dates and sowing rates of new high-yielding winter wheat varieties in the conditions of the steppe zone of North Ossetia-Alania. **Scientific**

novelty. For the first time in specific soil and climatic conditions of the steppe zone, the reaction of new zoned varieties to different sowing dates and seeding rates was studied. **Methodology.** The studies were carried out in 2019–2021, on the experimental fields of the Vladikavkaz Scientific Center, located in the steppe zone of the Mozdok region. Sowing was carried out on September 10, 20, 30. We studied seeding rates of 3, 4, and 5 million germinating seeds. Before sowing, the seeds were treated with “Tabu Neo” insecticide (to protect seeds from pests) and “Maksim Forte” fungicide (to protect seeds from pathogens). **Results.** It has been established that the sowing of winter wheat in the third sowing period (September 30) with a seeding rate of 5 million of germinating seeds per 1 ha showed the best results in terms of yield, where the yield of the Gomer variety was – 4.74 t/ha, when the same variety, when sown in the 1st term (September 10), the yield was 4.45 t/ha. The same trend was revealed for the variety Bagrat, where the yield was the highest – 4.65 t/ha, with a seeding rate of 5 million seedlings. Seeds per 1 ha in the third sowing period. The studied varieties formed a heavier grain in the third sowing period (September 30). In the winter wheat variety Homer, the weight of 1000 seeds was 45.4 g. in the variety Bagrat – 43.9 g.

Keywords: sowing rates and terms, field germination, plant density, plant height, yield.

For citation: Tedeeva A. A., Tedeeva V. V. Urozhaynost' ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot srokov i norm vyseva [The influence of timing and seeding rates on the yield of winter wheat] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 36–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-36-48. (In Russian.)

Date of paper submission: 23.12.2022, **date of review:** 31.01.2023, **date of acceptance:** 20.02.2023.

References

1. Markin V. D., Markin P. V., Shchetinin P. B. Posevnye kachestva semyan sortov ozimoy pshenitsy [Sowing qualities of seeds of winter wheat varieties] // Education and science. 2021. Vol. 4. No. 3. Pp. 62–68. (In Russian.)
2. Levakova O. V., Barkovskaya T. A. Optimizatsiya srokov poseva i norm vyseva pri adaptivnom upravlenii tekhnologiyey vozdeleyvaniya ozimoy pshenitsy sorta Viola [Optimization of sowing dates and seeding rates with adaptive control of the technology of cultivation of winter wheat variety Viola] // Vestnik of the Russian agricultural science. 2019. No. 3. Pp. 40–42. DOI: 10.30850/vrsn/2019/2/40-42. (In Russian.)
3. Goryanikov Yu. V., Khubieva Z. Kh. Vliyanie posevnykh kachestv semyan na vskhozhest' sortov pshenitsy myagkoy ozimoy [Influence of sowing qualities of seeds on the germination of soft winter wheat varieties] // Vestnik APK Stavropol'ya. 2019. No. 4 (36). Pp. 60–64. DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-36-60-64. (In Russian.)
4. Ibragimov Z. A. Vliyanie primeneniya gerbitsida i udobreniy na urozhaynost' ozimoy pshenitsy [Influence of the use of herbicide and fertilizers on the yield of winter wheat] // Aktual'nye problemy sovremennoy nauki. 2018. No. 6 (103). Pp. 156–158. (In Russian.)
5. Shurganov B. V., Sorokin A. I., Gol'dvarg B. A., Davaev A. V. Vodopotreblenie ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot primeneniya mineral'nykh udobreniy na svetlo-kashtanovoy pochve [Water consumption of winter wheat depending on the use of mineral fertilizers on light chestnut soil] // Agricultural journal. 2018. No. 4 (11). Pp. 39–44. DOI: 10.25930/mtv3-s844. (In Russian.)
6. Gladkova E. V., Volkova G. V., Ignat'eva O.O. Immunologicheskaya otsenka sortov ozimoy pshenitsy k steblevoy rzhavchine pshenitsy na Yuge Rossii [Immunological evaluation of winter wheat varieties to wheat stem rust in the South of Russia] // Russian Agricultural Sciences. 2022. No. 6. Pp. 22–25. DOI: 10.31857/S2500262722060059. (In Russian.)
7. Mamsirov N. I., Makarov A. A. Effektivnost' primeneniya gerbitsidov pri vozdeleyvanii ozimoy pshenitsy [The effectiveness of herbicides in the cultivation of winter wheat] // Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa yuga Rossii: sbornik dokladov po materialam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Maykop, 2020. Pp. 120–125. (In Russian.)
8. Pyntikov S. A., Gvozdoz A. P., Bulavin L. A. Vliyanie gerbitsidov na zasorennost' posevov i urozhaynost' zerna ozimoy pshenitsy [Influence of herbicides on weed infestation and grain yield of winter wheat] // Zemledelie i selektsiya v Belorussii. 2019. No. 55. Pp. 7–23. (In Russian.)
9. Tedeeva A. A., Tedeeva V. V. Agrotekhnicheskie priemy povysheniya produktivnosti perspektivnykh sortov ozimoy pshenitsy [Agrotechnical methods for increasing the productivity of promising varieties of winter wheat] // Nauchnaya zhizn'. 2020. Vol. 15 (6). No. 106. Pp. 777–784. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-6-777-784. (In Russian.)
10. Shalygina A. A., Tedeeva A. A. Vliyanie regulatora rosta na strukturu urozhaya ozimoy pshenitsy [Influence of the growth regulator on the yield structure of winter wheat] // Agrarnaya nauka. 2021. No. 4. Pp. 64–67. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-348-4-64-67. (In Russian.)

11. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy [Field experience methodology: with the basics of statistical processing of research results]. Moscow: Kniga po Trebovaniyu, 2013. 349 p. (In Russian.)
12. Radchenko L. A., Ganotskaya T. L., Radchenko A. F., Babanina S. S. Sroki seva i ikh vliyanie na urozhaynost' i kachestvo zerna sortov ozimoy pshenitsy [Sowing dates and their influence on the yield and grain quality of winter wheat varieties] // Grain Economy of Russia. 2021. No. 6 (78). Pp. 95–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-95-103. (In Russian.)
13. Soroka S. V. Zashchita posevov ozimoy pshenitsy ot sornykh rasteniy gerbitsidom Soil, VDG v Belarusi [Protection of winter wheat crops from weeds with herbicide Soil, VDG in Belarus] // Zashchita rasteniy. 2020. No. 44. Pp. 44–53. (In Russian.)
14. Olenin O. A., Zudilin S. N. Elementy organicheskoy tekhnologii vozdeleyvaniya yarovogo yachmenya v lesostepi Srednego Povolzh'ya [Elements of organic technology for the cultivation of spring barley in the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 3. Pp. 13–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-13-23. (In Russian.)
15. Yusov V. S., Evdokimov M. G., Shpigel' A. L. Kombinatsionnaya sposobnost' sortov i liniy yarovoy tverдой pshenitsy po elementam produktivnosti i kachestvu kleykoviny [Combining ability of varieties and lines of spring durum wheat in terms of productivity elements and gluten quality] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 9. Pp. 59–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-59-70. (In Russian.)
16. Kishev A. Y., Berbekov K. Z., Shibzukhova Z. S., Shibzukhov Z. G. S., Mamsirov N. I. Improvement of cultivation technology of winter durum wheat in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic // E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations. FARBA 2021”. Orel, 2021. Article number 2028. DOI: 10.1051/e3sconf/202125402028
17. Vorotnikov I. L., Ukolova N. V., Monakhov S. V., Shikhanova Yu. A., Neifeld V. V. Economic aspects of the development of the “digital agriculture” system // Scientific Papers. Series: Management, Economic Engineering and Rural Development. 2020. Vol. 20. No. 1. Pp. 633–638.
18. Nazarova A. A. Effect of iron nanopowder on the physiological resistance of winter wheat to low temperatures // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Dushanbe, 2022. Article number 012037. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012037

Authors' information:

Albina A. Tedeeva¹, candidate of biological sciences, senior researcher, department of adaptive landscape agriculture, ORCID 0000-0002-0638-5269, AuthorID 611912; +7 918 820-33-74, tedeeva64@bk.ru

Viktoriya V. Tedeeva¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the department of adaptive landscape agriculture ORCID 0000-0001-7543-8355, AuthorID 936219; +7 919 421-32-46, vikkimarik@bk.ru

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

Анализ современного состояния проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации

Н. А. Костерина¹✉

¹ Филиал «48 Центрального научно-исследовательского института» Министерства обороны Российской Федерации, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: 47051_1@mil.ru

Аннотация. Целью данной работы являлось изучение и обобщение информации о современных аспектах проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы – стратегически важной сельскохозяйственной культуры в Российской Федерации. **Научная новизна.** В результате анализа данных научной литературы о фузариозе пшеницы выделены следующие основные факторы (особенности), развивающие представления о данной отрасли знаний: биология возбудителей, их экологическая пластичность; сложность визуальной идентификации фитопатогенных микромицетов рода *Fusarium*; специфическая этиология и вредоносность заболевания; недостаточная эффективность мероприятий по защите сельскохозяйственной культуры. **Методы.** В процессе исследований с помощью аналитических и статистических методов проведены сбор, анализ и обобщение информации о биологических свойствах, внутрипопуляционной изменчивости, способности продуцировать опасные для человека и животных микотоксины и других свойствах фитопатогенов рода *Fusarium*. **Результаты.** Систематизирована информация по значимым факторам, обуславливающим поражение фузариозом сельскохозяйственной культуры, и показана актуальность проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации. Из анализа полученных сведений следует, что для борьбы с вредоносным заболеванием пшеницы необходимы углубленное изучение особенностей возбудителя, проведение комплекса защитных мероприятий при осуществлении своевременной идентификации фитопатогена. Наличие нерешенных вопросов обуславливает продолжение исследований по разработке генетических методов индикации возбудителей фузариоза, оценке видового состава грибов и методов прогнозирования их эпифитотийного распространения; фунгицидных препаратов с использованием современных достижений биотехнологии, в том числе нанотехнологий и химического синтеза; приборной базы для мониторинга посевов пшеницы на обсеменение возбудителями фузариоза. **Ключевые слова:** фитопатоген, микромицет, пшеница, род *Fusarium*, фузариоз колоса (зерна), микотоксин, защита сельскохозяйственной культуры.

Для цитирования: Костерина Н. А. Анализ современного состояния проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 49–60. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-49-60.

Дата поступления статьи: 01.02.2023, **дата рецензирования:** 27.02.2023, **дата принятия:** 06.03.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Основным элементом продовольственной безопасности Российской Федерации является обеспечение внутреннего рынка отечественным зерном¹. В России пшеница является лидером среди других видов зерновых по засеваемой площади – около 30 млн га [1, с. 2].

Выращивание пшеницы в России возможно практически во всех регионах, ведущими из которых являются Ростовская и Оренбургская области, Краснодарский, Ставропольский и Алтайский края, где площадь посевов составляет от 1,5 до 3 млн га.

¹ Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf> (дата обращения: 10.09.2021).

В Уральском регионе (Курганской и Свердловской областях) под посевы пшеницы отведено около 0,3 млн га. Урожайность пшеницы по стране составляет в среднем от 13,8 до 49,4 ц/га [2, с. 1]. Основной причиной снижения сбора урожая является поражение сельскохозяйственной культуры возбудителями различных заболеваний, в частности, фузариозом колоса и зерна [3, с. 14; 4, с. 40].

Вспышки фузариоза колоса и зерна пшеницы регулярно наблюдаются на Северном Кавказе (в Краснодарском и Ставропольском краях), Ростовской области и на Дальнем Востоке [5, с. 29–30; 6, с. 19]. Некоторые сведения об эпифитотийных вспышках заболевания в России представлены в таблице 1 [6, с. 19; 7, с. 190; 8, с. 1; 9, с. 3; 10, с. 85–91].

Таблица 1

Сведения об эпифитотиях фузариоза колоса и зерна пшеницы в России

Год	География эпифитотии
1923, 1925	Северо-Западный федеральный округ (Республика Карелия, Ленинградская область)
1932–1933	Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область
1952	Республика Северная Осетия-Алания
1986–1989	Южный федеральный округ (особенно в Краснодарском крае)
Начало 1990-х	Северо-Кавказский федеральный округ
1991–1993	Краснодарский край, Республика Адыгея
1992–1993	Северо-Западный федеральный округ
1996, 1998	Дальний Восток (особенно в Приморском крае)
1999	Дальний Восток (Амурская область)
2000–2003	Северо-Западный федеральный округ
2006	Дальний Восток (Хабаровский край)
2014–2017	Ставропольский и Краснодарский края
2019	Дальний Восток (Амурская область)

Биология и биотехнологии

Table 1

Information on epiphytotic of fusarium ear and grain of wheat in Russia

Year	Geography of epiphytotic
1923, 1925	Northwestern Federal District (Republic of Karelia, Leningrad Region)
1932–1933	Krasnodar and Stavropol Territories, Rostov Region
1952	Republic of North Ossetia-Alania
1986–1989	Southern Federal District (especially in the Krasnodar Territory)
Beginning of 1990s	North Caucasian Federal District
1991–1993	Krasnodar Territory, Republic of Adygea
1992–1993	Northwestern Federal District
1996, 1998	Far East (especially in the Primorsky Territory)
1999	Far East (Amur region)
2000–2003	Northwestern Federal District
2006	Far East (Khabarovsk Territory)
2014–2017	Stavropol and Krasnodar Territories
2019	Far East (Amur region)

В результате анализа данных, представленных в таблице 1, следует, что фузариоз колоса и зерна пшеницы – широко распространенное заболевание, эпифитотии которого зафиксированы в основных зерносеющих районах Российской Федерации. Следует отметить, что последствиями вспышек явились высокая степень поражения колоса и зараженности зерна пшеницы (до 80 %), а также контаминация последнего микотоксинами (до 100 %).

Об опасности поражения пшеницы фузариозом свидетельствуют трагические события, последствия которых привели к гибели тысяч людей и животных [8, с. 1]. Первое исторически зафиксированное массовое отравление лошадей в результате скармливания им фузариозного зерна (от еще неизвестного в то время заболевания) произошло в период Русско-турецкой войны в конце XIX века [11, с. 1]. В России фузариоз пшеницы, возникший сначала на Дальнем Востоке (в 1880–1890 гг.), а затем в Центральном регионе и на Южном Урале (в 1930–1950 гг.), привел к заболеваниям при использовании в пищу и на корм некачественного зерна [6, с. 19; 8, с. 1; 12, с. 23; 13, с. 14; 14, с. 202].

Впервые предположение о причине заболевания («пьяный хлеб»), вызываемое фитопатогенным микромицетом *F. graminearum*, а именно, продуктом его метаболизма – токсином дезоксиниваленолом, было высказано российским фитопатологом М. С. Ворониным. Благодаря усилиям советских ученых удалось установить, что вторичные метаболиты фитопатогена *F. sporotrichioides* вызывают алиментарно-токсическую алейкию. Наиболее токсичный компонент (Т-2 токсин) комплекса микотоксинов, вырабатываемого данным возбудителем, был выделен японскими исследователями только в 1968 г. [8, с. 19].

Уже более века в России и за рубежом ведущие ученые и специалисты (микологи, селекционеры, растениеводы, иммунологи и другие) исследуют возбудителей фузариоза зерновых сельскохозяйственных культур. Изучены некоторые морфологические особенности, биология, биохимия, физиология, генетика фитопатогенов рода *Fusarium*, предложены способы выявления путей ограничения их численности в агробиоценозах, снижения вредности и сохранения урожая [8, с. 2]. Однако достигнутые успехи в изучении фитопатогенов рода

Fusarium и совершенствование принципов и методов их исследования не привели к реальному снижению масштабов поражения посевов фузариозом колоса и зерна пшеницы и эффективному прогнозированию эпифитотийного развития заболевания [15, с. 6]. Поэтому до сих пор в Российской Федерации проблема фузариоза зерновых культур остается актуальной. В связи с этим целью наших исследований явилось изучение современной ситуации и определение факторов, обуславливающих наличие проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации.

Методология и методы исследования (Methods)

При изучении проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы с использованием аналитических и статистических методов исследований осуществляли обобщение информации об истории ее развития и степени изученности, а также сбор и анализ сведений с последующей оценкой текущего состояния ситуации по данному заболеванию в Российской Федерации.

Результаты (Results)

Фузариоз колоса и зерна является одним из наиболее опасных заболеваний пшеницы [3, с. 14]. Основным признаком его проявления на колосковых чешуйках и на зерне является налет бледно-розового, розово-оранжевого или розовато-красноватого цвета (рис. 1) [12, с. 23; 16, с. 23; 17, с. 41].

Поражение колоса и зерна возможно на всех этапах их формирования. Однако периодом наибольшей восприимчивости сельскохозяйственной культуры к фузариозу является фаза цветения при условиях повышенной (более 70 %) влажности воздуха и температуре 20–28 °С [12, с. 24].

Основными источниками заболевания являются инфицированные семена, растительные остатки и почва. Так, с почвы возбудители фузариоза заносятся ветром или с каплями дождя на колос, заражая его, вновь образуются на пораженных колосковых чешуйках и в дальнейшем разносятся на расстояние до 400 км дождем, ветром или насекомыми [8, с. 2; 12, с. 23; 16, с. 23].

На основании анализа научной литературы сформулированы основные факторы (особенности), обуславливающие поражение колоса и зерна пшеницы фузариозом.

Биологические особенности возбудителей фузариозов. Микроскопические грибы рода *Fusarium* существуют в анаморфной (бесполой), а некоторые представители и в телеоморфной (половой или сумчатой) стадии развития, что способствует увеличению генетического разнообразия их популяций [8, с. 3]. Кроме того, наличие половой стадии развития способствует выживанию и лучшей адаптации возбудителей в неблагоприятных и изменяющихся условиях окружающей среды [16, с. 23].

Представители *F. sporotrichioides*, *F. equiseti*, *F. culmorum* могут формировать хламидоспоры, позволяющие им существовать в различных условиях окружающей среды на широком круге растений-хозяев, а также длительно сохранять жизнеспособность в почве и на растительном субстрате [8, с. 3].

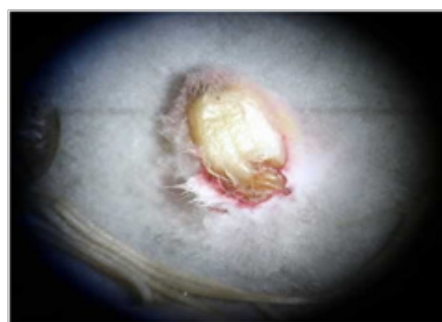
Большинство возбудителей фузариоза колоса и зерна образуют микро- и макроконидии. Относительная простота их формирования позволяет фитопатогенам за короткий промежуток времени (например, для *F. graminearum* – на 3 суток) создавать огромное количество инфекционных структур [8, с. 3; 16, с. 26].

Патогены *F. poae*, *F. langsethiae*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, способные образовывать микроконидии (быстрорастущие по сравнению с макроконидиями и, как правило, легко распространяющиеся), являются основными возбудителями в период вегетации растений [18, с. 21].

В результате полового размножения фитопатогенов рода *Fusarium* образуются аскоспоры. Их появление возможно в широком диапазоне температур – от 10 до 30 °С. Для прорастания аскоспор достаточно невысокой (около 55 %) относительной влажности воздуха по сравнению с уровнем влажности, необходимой для прорастания конидий (около 80 %) [12, с. 42].



a)



b)

Рис. 1. Поражение пшеницы фузариозом:
а) колос², б) зерно³

Fig. 1. *Fusarium* infestation of wheat:
a) ear, b) grain

² Источник: <https://glavagronom.ru>.

³ Источник: <https://rosselhoscenter.com>.

В научной литературе имеются сведения, что патогены в форме хламидоспор, склероциев и других покоящихся структур выживают в почве до 15 лет, на остатках пшеницы на поверхности почвы – в течение трех и более лет [18, с. 22].

Сотрудниками ВИЗР в результате изучения штаммов *F. graminearum*, выделенных на территории России, показано, что популяция фитопатогена на Дальнем Востоке более гетерогенна по сравнению с европейской популяцией. На основании мультилокусного анализа ДНК дальневосточных штаммов микромицета выявлены два вида из комплекса FGSC – *F. vorosii*, филогенетически близкий к азиатской группе видов, и *F. ussurianum* [19, с. 8]. Также на территории Сибири выделен вид *F. sibiricum*, морфологически сходный с видами *F. langsethiae* и *F. poae* [20, с. 23].

Вырабатываемые представителями рода *Fusarium* микотоксины подразделяют на хемотипы дезоксиниваленол (ДОН) и ниваленол (НИВ). В свою очередь, продуценты ДОН подразделяются на хемотипы 3-ацетат ДОН и 15-ацетат ДОН. Показано, что хемотипы микроскопического гриба *F. graminearum*, продуцирующие ДОН и НИВ, с различной частотой встречаются на территории Российской Федерации [19, с. 7]. Изоляты российского происхождения такого возбудителя, как *F. culmorum*, отнесены к 3-ацетат ДОН разновидности [21, с. 86].

Экологическая пластичность фитопатогенов рода *Fusarium*. В результате внутривидовой изменчивости фитопатогены рода *Fusarium* проявляют высокую экологическую пластичность, обуславливающую широкое распространение и значительное разнообразие видов данного рода во всех зерносеющих регионах России [22, с. 17].

В России до недавнего времени существовали две локальные популяции *F. graminearum* (северокавказская и дальневосточная), расположенные на расстоянии более 6000 км друг от друга. Однако за последние 20 лет наблюдается расширение ареала данного патогена: в 2003 г. возбудитель был обнаружен в северо-западном регионе России (в Ленинградской области) [23, с. 30], в 2007 г. – в Вологодской, Кировской и Новгородской, в 2008 г. – в Калининградской и Псковской областях, а в последние годы присутствует в зерне пшеницы, выращенной в Сибирском и Уральском регионах. Распространение возбудителя в северных областях страны объясняется потеплением климата, что способствует выживанию *F. graminearum* на новых территориях или же происходит адаптация гриба к более холодным условиям обитания [19, с. 9; 24, с. 77].

Другим представителем рода *Fusarium*, обладающим высокой адаптационной способностью к условиям окружающей среды, является микромицет *F. langsethiae*, ареал распространения которого

в начале 2000-х годов был ограничен территорией стран с умеренным климатом (преимущественно на севере Европы). В России впервые *F. langsethiae* обнаружили в 2003 г. в Ленинградской области. Результаты мониторинга зараженности зерна урожая последних лет позволили выявить новые территории распространения *F. langsethiae* – в Уральском федеральном округе (впервые выделен из зерна пшеницы, выращенной в Белоярском районе Свердловской области), на территории Республики Чечня, в Ростовской, Рязанской и Московской областях [14, с. 202].

Следующий вид фитопатогенов рода *Fusarium* – *F. globosum* – впервые выявлен на территории Российской Федерации в 2017–2018 гг. (четвертая находка в мире) в зерне пшеницы из Уральского (Челябинской области) и Западно-Сибирского (Новосибирской области, Алтайского края) регионов России. Данный вид является представителем морфологически сходных видов комплекса *F. fujikuroi* (FFSC) и более близок к штаммам, выделенным в Японии [25, с. 11].

Обнаружение *F. globosum* в географических точках, удаленных на расстояние около 1500 км, за короткий период (в течение двух лет) свидетельствует о том, что самый вероятный путь распространения фитопатогена – перенос возбудителя насекомыми или мигрирующими птицами [8, с. 3]. Биологической особенностью гриба является обильное образование микроконидий, что обеспечивает конкурентные преимущества и адаптивность возбудителя [25, с. 15].

Специфическая этиология заболевания. Специфичность возникновения заболевания фузариозной этиологии заключается в том, что развитие патологического процесса у растений вызвано участием комплексов различных видов грибов рода *Fusarium* (таблица 2) [8, с. 1].

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что структура патогенных комплексов, формирующихся на зерне пшеницы в основных зерносеющих регионах России, представлена широким набором доминирующих видов рода *Fusarium*, из которых *F. sporotrichioides* и *F. poae* стабильно встречаются во всех указанных регионах.

Следует отметить, что фитопатогены *F. sporotrichioides* и *F. poae* также занимают доминирующее положение в видовом составе грибов рода *Fusarium* на посевах пшеницы в Центрально-Черноземном регионе [4, с. 41], а такие представители, как *F. poae* и *F. Avenaceum*, широко распространены в зерне на территории Уральского региона, в частности, в Курганской области [26, с. 29].

Примером влияния этиологических условий на состав патогенного комплекса грибов рода *Fusarium* служит Амурская область (основной производитель зерна на Дальнем Востоке), тер-

ритория которой регулярно подвергается воздействию опасных природных явлений (например, наводнений). Так, во время эпифитотий фузариоза зерна пшеницы в 1999 г. основными патогенами являлись *F. graminearum*, *F. poae*, *F. avenaceum* и *F. sporotrichioides* (в порядке убывания частоты встречаемости), в 2019 г. – *F. graminearum* и *F. sporotrichioides*, выявлены в 84 и 61 % образцах соответственно, а *F. poae* и *F. avenaceum* встречались с частотой не более 2 % [6, с. 19].

Вредоносность заболевания. Вредоносность фузариоза колоса и зерна пшеницы проявляется в снижении урожайности сельскохозяйственной культуры (до 30 % и более) [3, с. 14; 27, с. 11]. Данное обстоятельство обусловлено восприимчивостью зерновой культуры к заболеванию в период, когда происходит формирование будущего урожая, – в фазу цветения – созревания [12, с. 23, 35]. Установлено, что заражение пшеницы на одной из последних стадий роста растений (с уже сформировавшимся колосом) фитопатогеном *F. graminearum* приводит к снижению урожая сельскохозяйственной культуры в среднем на 70 %, а через неделю после цветения – на 55 % [8, с. 4].

Негативное действие заболевания также проявляется утратой всхожести или снижением энергии прорастания семян [8, с. 4; 12, с. 23; 16, с. 22]. Последнее характеризуется развитием слабых с пораженными корневой и прикорневой гнилью проростками [8, с. 4; 17, с. 41].

Вредоносность фузариоза пшеницы выражается не только прямыми потерями урожая, но и ухудше-

нием качества получаемой продукции (загрязнением зерна микотоксинами, ухудшением его биологической ценности, увеличением индекса деформации клейковины, снижением качества хлебопекарных свойств муки) [8, с. 4; 15, с. 7]. Установлено, что поражение токсиногенными грибами рода *Fusarium* 10 % зерна в партии приводит к уменьшению питательной ценности всей партии на 20–25 %. Кроме того, опасность первичного заражения зерна увеличивается при его хранении благодаря способности микромицетов продолжать развитие на зерне (увеличивая поверхностную заспоренность в 30–35 раз, а внутрисеменное заражение – в 3–4 раза) и загрязнять пищевые продукты токсинами на любом этапе их производства [12, с. 23; 17, с. 41].

В настоящее время на территории России (особенно в регионах с теплым и влажным климатом [18, с. 21]) из зерна пшеницы выделяют около 30 видов микромицетов рода *Fusarium*, способных продуцировать более 150 различных по химическому строению токсических соединений, из которых наиболее опасные для здоровья человека и животных: трихотецены, зеараленон, монилиформин и фумозины [17, с. 42]. Из указанных микотоксинов широко распространенными являются трихотецены – группа метаболитов, включающая более 40 соединений. По химическому строению они подразделяются на группу А (Т-2 и НТ-2 токсины, диацетоксисцирпенол, моноацетоксисцирпенол, неосоланиол и другие) и группу В (дезоксиниваленол, ниваленол и их моноацетат и диацетат производные) [15, с. 11, 23].

Таблица 2

Доминирующие виды грибов рода *Fusarium* в структуре патогенных комплексов в основных зерносеющих регионах Российской Федерации

Регион	Доминирующий вид (в порядке убывания частоты встречаемости)
Краснодарский край	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. langsethiae</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. proliferatum</i>
Ставропольский край	<i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. langsethiae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. proliferatum</i>
Алтайский край	<i>F. poae</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. acuminatum</i>
Ростовская область	<i>F. graminearum</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. proliferatum</i>
Оренбургская область	<i>F. poae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. equiseti</i>

Table 2

Dominant species of fungi of the genus *Fusarium* in the structure of pathogenic complexes in the main grain-growing regions of the Russian Federation

Region	Dominant species (in descending order of frequency of occurrence)
Krasnodar Territory	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. langsethiae</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. proliferatum</i>
Stavropol Territory	<i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. langsethiae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. proliferatum</i>
Altai region	<i>F. poae</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. acuminatum</i>
Rostov region	<i>F. graminearum</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. proliferatum</i>
Orenburg region	<i>F. poae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. equiseti</i>

Зеараленон относится к слаботоксичным микотоксинам, но часто встречается совместно с дезоксиниваленолом. Из группы фумозинов в настоящее время идентифицировано 28 токсических соединений, четыре из которых относятся к группе В (В1, В2, В3, В4). Мониторинг монилиформина в нашей стране практически не проводят, но в последнее время интерес к его выявлению в зерне возрастает [6, с. 21].

В Российской Федерации в продовольственном сырье и пищевых продуктах растительного происхождения только для четырех фузариотоксинов определены предельно допустимые концентрации: дезоксиниваленола – 0,7–1 мг/кг (в зерне, используемом на кормовые цели, – 2,0 мг/кг, в продуктах для детского и диетического питания не допускается), Т-2 токсина – 0,1 мг/кг, зеараленона – 5 мг/кг, фумонизинов – 0,2 мг/кг (в детском питании) и 5,0 мг/кг (в кормах) [3, с. 14; 17, с. 42]. К сожалению, в нашей стране к числу регламентированных микотоксинов не относят ниваленол и диацетоксисцирпенол, которые во много раз токсичнее дезоксиниваленола [28, с. 35].

Установлено, что зерно злаковых культур даже с низким или скрытым поражением фузариозом может содержать значительное количество (до 5 предельно допустимых концентраций) опасных фузариотоксинов, таких как дезоксиниваленол и зеараленон. О высоком уровне накопления опасных фузариотоксинов в зерне пшеницы свидетельствуют следующие факты. Так, во время эпифитотии фузариоза в Краснодарском крае в 1987 г. содержание дезоксиниваленола в зерне достигало 6,6 мг/кг. В период эпифитотии в Краснодарском и Ставропольском краях в 1985–1991 гг. уровни накопления ДОН в зерне и зерноотходах достигали 10 мг/кг.

В результате чрезвычайной ситуации по фузариозу пшеницы в Амурской области в 2019 г. содержание дезоксиниваленола в собранном зерне составило в среднем 13 мг/кг (максимальное количество микотоксина, когда-либо выделяемого из зерна на территории России). Наряду с дезоксиниваленолом были обнаружены его производные 3-ацетат ДОН и 15-ацетат ДОН, а также 3-глюкозид ДОН. Кроме того, во всех образцах выявлен зеараленон (до 3,7 мкг/кг) и монилиформин (до 0,2 мг/кг) [6, с. 20].

Употребление продуктов, загрязненных фузариотоксинами, вызывает серьезные заболевания у человека и теплокровных животных (таблице 3) [13, с. 15; 14, с. 22; 15, с. 7, 13; 17, с. 42].

Трихотецены – единственный класс токсинов, которые легко проникают в организм не только через легкие, желудочно-кишечный тракт, слизистые оболочки, но и через неповрежденную кожу. Первые симптомы интоксикации и возможный смертельный исход наступают уже через несколько минут после воздействия токсинов. При этом выявить причину заболевания практически не удается вследствие быстрого превращения фузариотоксинов в организме в сотни других, трудно определяемых токсичных соединений. Фумозины (ФВ1 и ФВ2) способны накапливаться в мясе и обнаруживаются в молоке жвачных животных [29, с. 13, 17, 23, 25].

Сложность визуальной идентификации возбудителей заболевания. Даже значительное заражение колоса и зерна сопровождается слабым проявлением признаков заболевания или полным их отсутствием [4, с. 40; 18, с. 22]. Типичную картину поражения колоса и зерна пшеницы наблюдают только при заражении некоторыми видами фитопатогенов рода *Fusarium* (таблица 4) [3, с. 14].

Таблица 3

Сведения о характере токсического действия фузариотоксинов

Микотоксин	Объект воздействия	Токсическое действие
Дезоксиниваленол	Человек, свиньи, домашняя птица, лошади, жвачные животные	Геморрагическое, лейкопеническое, иммунодепрессивное, дерматотоксическое, тератогенное действие. Поражение центральной нервной и кровеносной систем. Нарушение функции желудочно-кишечного тракта (рвота, отказ от корма, диарея)
Т-2, НТ-2	Человек, свиньи, домашняя птица, лошади, жвачные животные	Дерматотоксическое (нарывы), иммунодепрессивное действие, поражение центральной нервной системы (головокружение, потеря координации), нарушение функции желудочно-кишечного тракта (диарея), боль в глазах, нарушение дыхания
Зеараленон	Свиньи, крупный рогатый скот, овцы, свиньи, цыплята, индейки	Эстрогенное (нарушение способности к оплодотворению, атрофия половых органов, аборт, бесплодие), тератогенное действие
Фумонизины	Человек, лошади, свиньи, крупный рогатый скот, кролики, цыплята	Канцерогенное действие (рак пищевода и печени) энцефаломалиция (разжижающий некроз мозга) у лошадей, отек легких у свиней, нефрит, почечная недостаточность, нарушение опорно-двигательного аппарата у домашней птицы, снижение иммунитета
Монилиформин	Человек, свиньи	Иммунодепрессивное действие, гематологические нарушения, патологические изменения в мышечной ткани сердца, миокардиальная гипертрофия

Table 3

Information on the nature of the toxic effect of fusariotoxins

<i>Mycotoxin</i>	<i>Object of influence</i>	<i>Toxic effect</i>
<i>Deoxyeni-valenol</i>	<i>Man, pigs, poultry, horses, ruminants</i>	<i>Hemorrhagic, leukopenic, immunosuppressive, dermatotoxic, teratogenic action. Damage to the central nervous and hematopoietic systems. Dysfunction of the gastrointestinal tract (vomiting, refusal to feed, diarrhea)</i>
<i>T-2, HT-2</i>	<i>Man, pigs, poultry, horses, ruminants</i>	<i>Dermatotoxic (abscesses), immunosuppressive effect, damage to the central nervous system (dizziness, loss of coordination), dysfunction of the gastrointestinal tract (diarrhea), eye pain, respiratory failure</i>
<i>Zearalenon</i>	<i>Pigs, cattle, sheep, pigs, chickens, turkeys</i>	<i>Estrogenic (impaired fertility, genital atrophy, abortion, infertility), teratogenic action</i>
<i>Fumonisin</i>	<i>Man, horses, pigs, cattle, rabbits, chickens</i>	<i>Carcinogenic effect (cancer of the esophagus and sand) encephalomalacia (diluting brain necrosis) in horses, pulmonary edema in pigs, nephritis, renal failure, musculoskeletal disorders in poultry, decreased immunity</i>
<i>Moniliformin</i>	<i>Man, pigs</i>	<i>Immunosuppressive action, hematological disorders, pathological changes in the muscle tissue of the heart, myocardial hypertrophy</i>

Таблица 4

Способность фитопатогенов рода *Fusarium* вызывать симптомы фузариоза колоса и зерна

Вид фитопатогена	Способность вызывать симптомы заболевания	
	На генеративном органе	На зерне
<i>F. graminearum</i>	++	++
<i>F. culmorum</i>	++	++
<i>F. sporotrichioides</i>	+	–
<i>F. langsethiae</i>	–	–
<i>F. poae</i>	–	–
<i>F. tricinctum</i>	+	–
<i>F. avenaceum</i>	++	+

Примечание. «+» – слабое проявление признаков; «++» – проявление типичной картины; «–» – отсутствие признаков.

Table 4

The ability of phytopathogens of the genus *Fusarium* to cause symptoms of fusarium head and grain

Species of phytopathogen	Ability to cause disease symptoms on	
	generative organ	grain
<i>F. graminearum</i>	++	++
<i>F. culmorum</i>	++	++
<i>F. sporotrichioides</i>	+	–
<i>F. langsethiae</i>	–	–
<i>F. poae</i>	–	–
<i>F. tricinctum</i>	+	–
<i>F. avenaceum</i>	++	+

Note: «+» – weak manifestation of signs; «++» is a typical pattern; «–» – absence of signs.

Из данных, представленных в таблице 4, видно, что способность фитопатогенов рода *Fusarium* вызывать типичные признаки поражения колоса и зерна проявляется только при заражении микромицетами *F. graminearum* и *F. culmorum*. При паразитировании других видов фитопатогена признаки заболевания либо слабо выражены, либо полностью отсутствуют как на генеративных органах, так и на зерне.

В полевых условиях признаки заболевания пшеницы фузариозной этиологии внешне сходны с проявлением септориоза колоса (потемнение колосковых чешуй, наличие небольших штрихов или глазковых пятен) [3, с. 14]. Для микромицета *F. culmorum* характерно образование темно-бурой,

почти черной окраски чешуек и остей, аналогичное проявлению признаков бактериозов [30, с. 89].

Определение фузариевых грибов по морфолого-культуральным признакам также носит проблемный характер. Присущие для представителей данного рода конидии серповидно-веретеновидной формы могут образовывать и некоторые виды родов *Cylindrocarpon*, *Acremonium*, *Gliocladium*, *Microdontium* и других. Например, фитопатоген *Microdontium nivale* (вызывающий снежную плесень зерновых культур) образует серповидные микроконидии, по форме и размерам сходные с таковыми у *F. culmorum*, а *F. langsethiae* имеет морфологическое сходство с *F. poae* [14, с. 201; 23, с. 30].

При исследовании влияния фазы развития колоса на проявление симптомов заболевания фузариозом установлено, что в фазах налива зерна и созревания внешние признаки поражения проявляются значительно слабее, чем в период цветения [3, с. 14]. Также показано, что в климатических условиях средней полосы страны, в том числе Центрально-Черноземного района зараженность колоса и зерна носит скрытый характер и выявляется только при микологическом анализе [4, с. 40; 23, с. 30]. Однако, например, фитопатоген *F. langsethiae* сложно обнаружить в зерне даже микологическими методами вследствие низкой скорости его роста, отсутствия воздушного мицелия и пигментации [14, с. 201].

Недостаточная эффективность мероприятий по защите сельскохозяйственной культуры. При возникновении благоприятных для развития грибов рода *Fusarium* погодных условий в период восприимчивости растений к заболеванию даже выполнение полного комплекса защитных мероприятий, включающих агротехнические и оперативные методы (выбор оптимального фунгицида), а также соблюдение севооборота, выбор сорта, улучшение физиологического состояния растений во время вегетации, проведение уборки в оптимальные сроки, качественной послеуборочной доработки зерна при соответствующих условиях его хранения, не способно привести к значительному уменьшению инфицирования пшеницы и снижению загрязнения зерна микотоксинами [18, с. 22]. Кроме того, положение усугубляет отсутствие абсолютно устойчивых к болезни сортов пшеницы [16, с. 28; 17, с. 43; 23, с. 30].

Сложность фунгицидной защиты посевов пшеницы обусловлена:

- ограниченным количеством эффективных препаратов [16, с. 28];
- защитой колоса современными системными химическими препаратами, не превышающей 60–70 % [16, с. 28];
- стимулированием химическими препаратами образования хламидоспор [31, с. 45];
- нецелесообразным применением контактных и биологических средств в борьбе с фузариозом [18, с. 23];
- неэффективностью протравливания семян против фузариоза колоса перед посадкой пшеницы [32], а также лечения при появлении признаков заболевания [3, с. 15];
- ограничением в выборе срока и времени для обработки посевов фунгицидами [16, с. 29];

– необходимостью добавления к фунгицидам прилипателей для более качественного покрытия колоса [16, с. 29];

– вероятностью снижения активности фунгицидов при выпадении осадков после проведения обработки растений [33, с. 3];

– риском развития резистентности у возбудителей заболевания при систематическом применении одного и того же фунгицида (например, препаратов на основе триазолов) [18, с. 21].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Фузариоз колоса и зерна пшеницы является одним из широко распространенных и вредоносных заболеваний в зернопроизводящих регионах России. До настоящего времени проблема снижения потерь урожая и контаминации зерна опасными для здоровья человека и животных фузариотоксинами не решена. Данное обстоятельство обусловлено рядом факторов и связано с биологическими особенностями возбудителей заболевания, их экологической пластичностью, участием в развитии патологического процесса у растений одновременно нескольких видов микроскопических грибов рода *Fusarium*, способных продуцировать различные по химическому строению токсические соединения. Вследствие недостаточного контроля содержания фузариотоксинов в продуктах питания и *продовольственном сырье существует* реальная угроза вспышек микотоксикозов человека и теплокровных животных с возможным летальным исходом. Кроме того, осложняет ситуацию по фузариозу колоса и зерна пшеницы трудность визуальной идентификации и обнаружения микологическими методами возбудителей данного заболевания, а также недостаточная эффективность мероприятий по защите от фузариоза сельскохозяйственных культур.

Таким образом, наличие нерешенных вопросов обуславливает необходимость продолжения исследований по проблеме фузариоза колоса и зерна пшеницы, а именно разработки:

- генетических методов индикации возбудителей фузариоза и методов прогнозирования их эпифитотийного распространения;
- фунгицидных препаратов с использованием нанотехнологий (обеспечивающих эффективность их применения) и химического синтеза (для качественной послеуборочной обработки зерен);
- приборной базы для мониторинга посевов пшеницы на обсеменение возбудителями фузариоза.

Библиографический список

1. Антошин А. Зерновые культуры в России: ставка на качество // Защита растений. 2020. № 2 (291). С. 2–6.
2. Посевная площадь сельхозугодий в России [Электронный ресурс]. URL: <https://сельхозпортал.рф> (дата обращения: 15.09.2021).
3. Мустафина М. А., Таракановский А. Н. Защита от фузариоза колоса – определяющий фактор качества зерна // Защита и карантин растений. 2018. № 5. С. 14–16.

4. Корабельская О. И., Чекмарев В. В. Разнообразие грибов рода *Fusarium* на посевах зерновых культур в Центрально-черноземном регионе // *Colloquium-journal*. 2019. № 16 (40). С. 39–41.
5. Кремнева О. Ю., Кудинова О. А., Волкова Г. В. Эффективность фунгицида «Фалькон», КЭ против фузариоза колоса пшеницы в условиях Краснодарского края // *Современные подходы и методы в защите растений: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Екатеринбург, 2018. С. 29–31.
6. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Орина А. С., Гогина Н.Н. Чрезвычайная ситуация 2019 г. и болезни зерна в Амурской области // *Защита и карантин растений*. 2020. № 8. С. 19–21.
7. Назаренко Н. Н., Башкин А. В. Сорная растительность, болезни и вредители как факторы голода 1932–1933 годов // *Самарский научный вестник*. 2019. Т. 8. № 1 (26). С. 186–193. DOI: 10.24411/2309-4370-2019-11210.
8. Соколова Т. К. Фузариоз колоса озимой пшеницы [Электронный ресурс] // *Студенческий научный форум – 2017: материалы IX Международной студенческой научной конференции*. 2017. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017040164> (дата обращения: 03.10.2021).
9. Технология «Августа» против фузариоза // *Агропромышленная газета юга России*. 2018. № 13–14 (496–497). С. 3.
10. Седова И. Б., Захарова Л. П., Киселева М. Г., Чалый З. А., Тимонин А. Н., Аристархова Т. В., Кравченко Л. В., Тутельян В. А. Дезоксиниваленол как фактор риска загрязнения продовольственного зерна: мониторинг урожаев 1989–2018 гг. в Российской Федерации // *Анализ риска здоровью*. 2021. № 3. С. 85–98. DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.08.
11. Фузариотоксикоз [Электронный ресурс]. URL: <https://maxpark.com/community/8225/content/6335311> (дата обращения: 03.10.2021).
12. Кекало А. Ю., Немченко В. В., Заргарян Н. Ю., Цыпышева М. Ю. Защита зерновых культур от болезней. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017. 172 с.
13. Закладной Г. А. Избегайте плесневения зерна. Оно становится токсичным // *Защита и карантин растений*. 2019. № 11. С. 14–15.
14. Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю. Новые сведения о распространении на территории России гриба *Fusarium langsethiae*, продуцирующего Т-2 и НТ-2 токсины // *Вестник защиты растений*. 2020. № 103 (3). С. 201–206. DOI: 10.31993/2308-6459-2020-103-3-13282.
15. Попов В. С., Самбуров Н. В., Воробьева Н. В. Проблемы микотоксикозов в современных условиях и принципы профилактических решений: монография. Курск: Планета плюс, 2018. 158 с.
16. Карайванов П. Фузариоз – опаснейшее заболевание зерновых и кормовых культур // *Защита растений*. 2020. № 2 (291). С. 22–29.
17. Павлюшин В. А. Фузариоз зерновых культур и опасность микотоксинов в России // *Агроснабфорум*. 2017. № 3 (151). С. 41–43.
18. Торопова Е. Ю., Воробьева И. Г., Мустафина М. А., Селюк М. П. Грибы рода *Fusarium* на зерне пшеницы в Западной Сибири // *Защита и карантин растений*. 2019. № 1. С. 21–23.
19. Левитин М. М., Афанасенко О. С., Гагкаева Т. Ю., Ганнибал Ф. Б., Гульятеева Е. И., Мироненко Н. В. Популяционные исследования грибов – возбудителей болезней зерновых культур // *Вестник защиты растений*. 2019. № 4 (102). С. 5–16. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16.
20. Литовка Ю. А. Эколого-биологические особенности и биоконтроль грибов рода *Fusarium*, распространенных в наземных экосистемах Средней Сибири: дис. ... д-ра биол. наук. Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2018. 497 с.
21. Стахеев А. А., Самохвалова Л. В., Микитюк О. Д., Завриев С. К. Филогенетический анализ и молекулярное типирование трихотеценпродуцирующих грибов рода *Fusarium* из Российских коллекций // *Acta Naturae*. 2018. Т. 10. № 2 (37). С. 85–99.
22. Жевнова Н. А. Биоэкологическое обоснование применения новых штаммов бактерий *Bacillus subtilis* для защиты озимой пшеницы от фузариозных корневых гнилей и желтой пятнистости листьев: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. 25 с.
23. Бучнева Г. Н. Гриб *Fusarium langsethiae* на зерне пшеницы в Тамбовской области // *Colloquium-journal*. 2019. № 16 (40). С. 30–31.
24. Торопова Е. Ю., Воробьева И. Г., Мустафина М. А., Селюк М. П. Мониторинг грибов рода *Fusarium* Link и их микотоксинов на зерне пшеницы в Западной Сибири // *Агрохимия*. 2019. № 5. С. 76–82. DOI: 10.1134/S0002188119050119.
25. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Орина А. С. Первое обнаружение гриба *Fusarium globosum* в микобиоте зерновых культур на территории Урала и Сибири // *Вестник защиты растений*. 2019. № 1 (99). С. 10–18. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-1(99)-10-18.

26. Гаврилова О. П., Орина А. С., Гогина Н. Н., Гагкаева Т. Ю. Проблема фузариоза зерна в Зауралье: ретроспектива исследований и современная ситуация // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4858-2020-198-7-29-40.
27. Санин С. С., Ибрагимов Т. З., Стрижекозин Ю. А. Метод расчета потерь урожая пшеницы от болезней // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 11–15.
28. Загоскин М. А. Взаимное влияние цианобактерий и микромицета *Fusarium culmorum* на концентрацию продуктов их метаболизма // Химия: достижения и перспективы: сборник научных статей по материалам V Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Ростов-на-Дону; Таганрог, 2020. С. 35–38.
29. Соколова О. Н. Микотоксины в силосованных кормах и методы их нейтрализации: дис. ... канд. с-х. наук. Москва: Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, 2018. 140 с.
30. Лазарев А. М., Мыслик Е. Н., Варицев Ю. А., Зайцев И. А., Кожемяков А. П., Попов Ф. А., Волгарев С. А., Чеботарь В. К. Ареалы и зоны вредоносности основных бактериозов растений на территории России и сопредельных стран. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2017. № 241. 36 с. (Приложения к журналу «Вестник защиты растений»). DOI: 10.5281/zenodo.1018613.
31. Коваль Е. В. Влияние цианобактерий на жизнедеятельность ячменя в условиях загрязнения метилфосфоновой кислотой: дис. ... канд. биол. наук. Киров: Вятский государственный университет, 2019. 147 с.
32. Фузариоз колоса зерновых культур [Электронный ресурс]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/fuzarioz-kolosa-zernovyh-kultur> (дата обращения: 03.10.2021).
33. Шаповалова Н. Погодные условия и эффективность пестицидов // Поле Августа. 2020. № 6 (200). С. 8.

Об авторе:

Наталья Александровна Костерина¹, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-0164-7776, AuthorID 1164754; +7 (343) 255-99-88, 47051_1@mil.ru

¹ Филиал «48 Центрального научно-исследовательского института» Министерства обороны Российской Федерации, Екатеринбург, Россия

Analysis of the current state of the problem of fusarium ear and grain of wheat in the Russian Federation

N. A. Kosterina¹✉

¹ Branch of the “48 Central Scientific Research Institute” of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: 47051_1@mil.ru

Abstract. The aim of the article was to study and summarize the information about modern aspects of fusarium ear and grain of wheat, strategically important crop in the Russian Federation. **Scientific novelty.** As a result of analysis of scientific literature data on fusarial ear blight, the following main factors (features) were identified that develop ideas about this branch of knowledge: the biology of pathogens, their ecological plasticity; the difficulty of visual identification of phytopathogenic micromycetes of the *Fusarium* genus; specific etiology and harmfulness of the disease; insufficient effectiveness of measures to protect crop. **Methods.** In the process of research, by using analytical and statistical methods, the collection, analysis and generalization of information on biological properties, intrapopulation variability, the ability to produce mycotoxins dangerous for humans and animals, and other properties of phytopathogens of the *Fusarium* genus were carried out. **Results.** The information about significant factors causing the spoiling of an agricultural crop was systematized, and the urgency of the problem of fusarium ear and grain of wheat in the Russian Federation was shown. From the analysis of the data obtained, it follows that to control the destructive disease of wheat, it is necessary to study in depth the characteristics of the pathogen, and carry out a set of protective measures with timely identification of the phytopathogen. The presence of unresolved issues causes the continuation of research on the development of genetic methods of fusarium pathogen indication, assessment of the species composition of fungi and methods of forecasting their epiphytotic distribution; fungicide preparations using modern achievements of biotechnology, including nanotechnology and chemical synthesis; instrumental base for monitoring wheat crops for seeding with fusarium pathogens.

Keywords: phytopathogen, micromycete, wheat, *Fusarium* genus, fusarium ear blight (grain), mycotoxin, crop protection.

For citation: Kosterina N. A. Analiz sovremennogo sostoyaniya problemy fuzarioza kolosa i zerna pshenitsy v Rossiiskoy Federatsii [Analysis of the current state of the problem of fusarium ear and grain of wheat in the Russian Federation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 49–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-49-60. (In Russian.)

Date of paper submission: 01.02.2023, **date of review:** 27.02.2023, **date of acceptance:** 06.03.2023.

References

1. Antoshin A. Zernovye kul'tury v Rossii: stavka na kachestvo [Cereals in Russia: a stake on quality] // Plant protection. 2020. No. 2 (291). Pp. 2–6. (In Russian.)
2. Sowing area of agricultural land in Russia [e-resource]. URL: <https://selkhozportal.rf> (date of reference: 15.09.2021). (In Russian.)
3. Mustafina M. A., Tarakanovskiy A. N. Zashchita ot fuzarioza kolosa – opredelyayushchiy faktor kachestva zerna [Protection against fusarium spike is a determining factor in grain quality] // Zashchita i karantin rastenii. 2018. No. 5. Pp. 14–16. (In Russian.)
4. Korabel'skaya O. I., Chekmarev V. V. Raznoobrazie gribov roda *Fusarium* na posevakh zernovykh kul'tur v Tsentral'no-chernozemnom regione [Diversity of fungi of the genus *Fusarium* on grain crops in the Central black earth region] // Colloquium-journal. 2019. No. 16 (40). Pp. 39–41. (In Russian.)
5. Kremneva O. Yu., Kudinova O. A., Volkova G. V. Effektivnost' fungitsida "Fal'kon", KE protiv fuzarioza pshenitsy v usloviyakh Krasnodarskogo kraia [The effectiveness of the fungicide "Falcon", EC against fusarium ear of wheat in the Krasnodar Territory] // Sovremennye podkhody i metody v zashchite rasteniy: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Ekaterinburg, 2018. Pp. 29–31. (In Russian.)
6. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Orina A. S., Gogina N. N. Chrezvychainaya situatsiya 2019 g. i bolezni zerna v Amurskoy oblasti [Emergency situation in 2019 and grain diseases in the Amur region] // Zashchita i karantin rastenii. 2020. No. 8. Pp. 19–21. (In Russian.)
7. Nazarenko N. N., Bashkin A. V. Sornaya rastitel'nost', bolezni i vrediteli kak factory goloda 1932–1933 godov [Weed vegetation, diseases and pests as factors of hunger in 1932–1933] // Samara Scientific Bulletin. 2019. Vol. 8. No. 1 (26). Pp. 186–193. DOI: 10.24411/2309-4370-2019-11210. (In Russian.)
8. Sokolova T. K. Fusarium ear of winter wheat [e-resource] // Studencheskiy nauchnyy forum – 2017: materialy IX Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017040164> (date of reference: 03.10.2021). (In Russian.)
9. Teknologiya "Avgusta" protiv fuzarioza [Technology "Augusta" against fusarium] // Agroindustrial newspaper of the south of Russia. 2018. No. 13–14 (496–497). P. 3. (In Russian.)
10. Sedova I. B., Zakharova L. P., Kiseleva M. G., Chaly Z. A., Timonin A. N., Aristarkhova T. V., Kravchenko L. V., Tutelyan V. A. Dezoksinivalenol kak faktor riska zagryazneniya prodovol'stvennogo zerna: monitoring urozhayev 1989–2018 gg. v Rossiyskoy Federatsii [Deoxynivalenol as a risk factor for contamination of food grains: monitoring the harvests of 1989–2018. in the Russian Federation] // Health Risk Analysis. 2021. No. 3. Pp. 85–98. DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.08. (In Russian.)
11. Fusariotoxicosis [e-resource]. URL: <https://maxpark.com/community/8225/content/6335311> (date of reference: 03.10.2021).
12. Kekalo A. Yu., Nemchenko V. V., Zargaryan N. Yu., Tsypysheva M. Yu. Zashchita zernovykh kul'tur ot bolezney [Protection of grain crops from diseases]. Kurtamysh: OOO "Kurtamyshskaya tipografiya", 2017. 172 p. (In Russian.)
13. Zakladnoi G. A. Izbegayte plesneveniya zerna. Ono stanovitsya toksichnym [Avoid grain mold. It becomes toxic] // Zashchita i karantin rastenii. 2019. No. 11. Pp. 14–15. (In Russian.)
14. Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu. Novye svedeniya o rasprostraneni na territorii Rossii griba *Fusarium langsethiae*, produtsiruyushchego T-2 i NT-2 toksiny [New information on the distribution of the fungus *Fusarium langsethiae*, which produces T-2 and NT-2 toxins, in Russia] // Bulletin of plant protection. 2020. No. 103 (3). Pp. 201–206. DOI: 10.31993/2308-6459-2020-103-3-13282. (In Russian.)
15. Popov V. S., Samburov N. V., Vorob'eva N. V. Problemy mikotoksinov v sovremennykh usloviyakh I principy profilakticheskikh resheniy: monografiya [Problems of mycotoxins in modern conditions and the principles of preventive solutions: monograph]. Kursk: Planeta Plyus, 2018. 158 p. (In Russian.)
16. Karaivanov P. Fuzarioz – opasneisheye zabolevanie zernovykh kul'tur [Fusarium – the most dangerous disease of grain and forage crops] // Plant protection. 2020. No. 2 (291). Pp. 22–29. (In Russian.)
17. Pavlyushin V. A. Fuzarioz zernovykh kul'tur i opasnost' mikotoksinov v Rossii [Fusarium disease of grain crops and the danger of mycotoxins in Russia] // Agrosnabforum. 2017. No. 3 (151). Pp. 41–43. (In Russian.)

18. Toropova E. Yu., Vorobieva I. G., Mustafina M. A., Selyuk M. P. Griby roda *Fusarium* na zerne pshenitsy v Zapadnoy Sibiri [Fungi of the genus *Fusarium* on wheat grain in Western Siberia] // Zashchita i karantin rastenii. 2019. No. 1. Pp. 21–23. (In Russian.)
19. Levitin M. M., Afanassenko O. S., Gagkaeva T. Yu., Hannibal F. B., Gulyaeva E. I., Mironenko N. V. Populyacionny'e issledovaniya gribov – vzbuditeley bolezney zernovykh kul'tur [Population studies of fungi – causative agents of diseases of grain crops] // Bulletin of plant protection. 2019. No. 4 (102). Pp. 5–16. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16. (In Russian.)
20. Litovka Yu. A. Ekologo-biologicheskiye osobennosti i biokontrol' gribov roda *Fusarium*, rasprostranennykh v nazemnykh ekosistemakh Sredney Sibiri: dis. ... d-ra biol. nauk [Ecological and biological characteristics and biocontrol of fungi of the genus *Fusarium* widespread in terrestrial ecosystems of Central Siberia: dissertation ... doctor of biological sciences. Tomsk: National Research Tomsk State University, 2018. 497 p. (In Russian.)
21. Stakheev A. A., Samokhvalova L. V., Mikityuk O. D., Zavriev S. K. Filogeneticheskiy analiz i molekulyarnoye tipirovaniye trikhoteetsenproduktiruyushchikh gribov roda *Fusarium* iz Rossiyskikh kollektsey [Phylogenetic analysis and molecular typing of trichothecene-producing fungi of the genus *Fusarium* from Russian collections] // Acta Naturae. 2018. Vol. 10. No. 2 (37). Pp. 85–99. (In Russian.)
22. Zhevnova N. A. Bioekologicheskoye obosnovaniye primeneniya novykh shtammov bakteriy: dis. ... kand. biol. nauk [Bioecological substantiation of the use of new strains of bacteria *Bacillus subtilis* to protect winter wheat from fusarium root rot and yellow leaf spot: author. dis. ... cand. biol. Sciences]. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2019. 25 p. (In Russian.)
23. Buchneva G. N. *Fusarium langsethiae* mushroom on wheat grain in the Tambov region // Colloquium-journal. 2019. No. 16 (40). Pp. 30–31. (In Russian.)
24. Toropova E. Yu., Vorobieva I. G., Mustafina M. A., Saluk M. P. Monitoring of fungi of the genus *Fusarium* Link and their mycotoxins on wheat grain in Western Siberia // Agrochemistry. 2019. No. 5. Pp. 76–82. DOI: 10.1134/S0002188119050119. (In Russian.)
25. Gagkaeva T. Yu., Gavrilo O. P., Orina A. S. The first detection of the fungus *Fusarium globosum* in the mycobiota of grain crops in the Urals and Siberia // Bulletin of plant protection. 2019. No. 1 (99). Pp. 10–18. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-1(99)-10-18. (In Russian.)
26. Gavrilo O. P., Orina A. S., Gogina N. N., Gagkaeva T. Yu. The problem of grain fusarium in the Trans-Urals: a retrospective of research and the current situation // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4858-2020-198-7-29-40. (In Russian.)
27. Sanin S. S., Ibragimov T. Z., Strizhekozin Yu. A. Method for calculating wheat yield losses from diseases // Plant protection and quarantine. 2018. No. 1. Pp. 11–15.
28. Zagoskin M. A. Mutual influence of cyanobacteria and micromycete *Fusarium culmorum* on the concentration of their metabolic products // Khimiya: dostizheniya i perspektivy: sbornik nauchnykh statey po materialam V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh. Rostov-on-Don; Taganrog, 2020. Pp. 35–38. (In Russian.)
29. Sokolova O. N. Mikotoksiny v silosovannykh kormakh i metody ikh neytralizatsii: dis. ...kand. s-kh. nauk [Mycotoxins in silo fodder and methods of their neutralization: dis. ... candidate of agricultural sciences]. Moscow: Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2018. 140 p. (In Russian.)
30. Lazarev A. M., Mysnik E. N., Varitsev Yu. A., Zaitsev I. A., Kozhemyakov A. P., Popov F. A., Volgarev S. A., Chebotar V. K. Areal and Zones of Severity of the Main Bacterioses of Plants on the Territory of Russia and Neighboring Countries. Saint Petersburg: VIZR, 2017. No. 241. 36 p. (Supplements to the journal “Plant Protection Bulletin”). DOI: 10.5281/zenodo.1018613. (In Russian.)
31. Koval' E. V. Vliyaniye tsianobakteriy na zhiznedeystel'nost' yachmenya v usloviyakh zagryazneniya metilfosfonovoy kislotoy: dis. ... kand. biol. nauk [Influence of cyanobacteria on the vital activity of barley in conditions of contamination with methylphosphonic acid: dissertation ... candidate of biological sciences]. Kirov: Vyatka State University, 2019. 147 p. (In Russian.)
32. Fuzarioz kolosa zernovykh kul'tur [Fusarium ear of grain crops] [e-resource]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/fuzarioz-kolosa-zernovykh-kul'tur> (date of reference: 10.03.2021). (In Russian.)
33. Shapovalova N. Pogodnye usloviya i effektivnost' pestitsidov [Weather conditions and effectiveness of pesticides] // Field of August. 2020. No. 6 (200). P. 8. (In Russian.)

Author's information:

Natalya A. Kosterina¹, senior researcher, ORCID 0000-0002-0164-7776, AuthorID 1164754;
+7 (343) 255-99-88, 47051_1@mil.ru

¹Branch of the “48 Central Scientific Research Institute” of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Ekaterinburg, Russia

Влияние антибиотика и фитобиотика на состояние здоровья, продуктивность кур-несушек и качество яйца

А. С. Кривоногова¹, А. Г. Исаева¹✉, И. М. Донник¹, Е. А. Логинов¹, К. В. Моисеева¹

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: isaeva.05@bk.ru

Аннотация. Изучение возможностей применения фитобиотиков является одним из актуальных направлений в стратегии сдерживания антимикробной резистентности. **Целью** данной работы было изучение эффектов от отдельного и сочетанного использования энрофлоксацина и фитобиотического препарата у кур-несушек 400-дневного возраста. **Методы.** Исследования проводили на четырех группах несушек Ломан-классик, в ходе эксперимента в рацион вводили энрофлоксацин и фитобиотик на основе облепихового жмыха и масел горчицы, кедрового ореха и облепихи. **Результаты.** Было установлено, что применение препаратов не оказывало существенного влияния на состав микрофлоры и уровень антибиотикорезистентности бактерий желудочно-кишечного тракта у кур, так как к 400-дневному возрасту кишечные микробиомы несушек были уже сформированы, стабильны и контаминированы агентами АМР. Сочетанное применение энрофлоксацина и фитобиотика наилучшим образом сказывалось на биохимических показателях обмена веществ, проявляло ингибирующее действие на патогенную микрофлору и вместе с тем имело мембраностабилизирующий и антиоксидантный эффекты. Также при сочетании антибиотика и фитобиотика отмечали увеличение показателей яйценоскости, средней массы яйца, ускорение выведения энрофлоксацина из организма несушек и снижение его содержания в яйце до предела обнаружения, в то время как в группе несушек, получавших только энрофлоксацин, его остаточное содержание в яйце обнаруживалось через 2 недели после прекращения его введения. Таким образом, в ходе проведенных исследований наиболее оптимальным было сочетанное применение энрофлоксацина с фитобиотическим препаратом, оказавшее наиболее заметное положительное влияние на показатели метаболизма, продуктивности и качества яйца. **Новизна** работы заключается в получении данных о влиянии фитобиотического препарата на ряд показателей здоровья, продуктивности кур-несушек и качества яйца и в подборе перспективной схемы его применения. **Ключевые слова:** фитобиотик, продуктивность, несушки, яйцо, гены резистентности, антибиотикочувствительность, энрофлоксацин, E. coli, условно-патогенная микрофлора.

Для цитирования: Кривоногова А. С., Исаева А. Г., Донник И. М., Логинов Е. А., Моисеева К. В. Влияние антибиотика и фитобиотика на состояние здоровья, продуктивность кур-несушек и качество яйца // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 61–71. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-61-71.

Дата поступления статьи: 08.11.2022, **дата рецензирования:** 08.12.2022, **дата принятия:** 13.12.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В научной литературе появляются новые и новые данные о попытках использования фитобиотиков в промышленном животноводстве и птицеводстве в качестве замены стимуляторами профилактическим антибиотикам [1, с. 14; 2, с. 435; 3, с. 96–97; 4, с. 37–38]. Результаты многочисленных исследований показывают, что нормализация микробиомов пищеварительного тракта приводит к восстановлению нарушенных метаболических, иммунных функций организма животных и человека, а применение фитобиотических добавок в отличие от антибиотиков позволяет достичь этой цели без

угнетения полезной симбиотической микрофлоры [3, с. 106; 5, с. 244; 18, с. 210].

Микробиом желудочно-кишечного тракта продуктивной птицы может включать несколько сотен различных штаммов бактерий, которые участвуют в поддержании здоровья кишечника при сохранении продуктивности и роста [6, с. 112; 7, с. 72]. Общее воздействие фитобиотиков на организм сельскохозяйственной птицы связано не только с антимикробным эффектом, но и с их положительным влиянием на состав микробиома, процессы пищеварения, морфофункциональные характеристики слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта [8, с. 690; 3, с. 106; 4, с. 39]. Введение фитобио-

тиков в рацион кур мясных кроссов способствует стимуляции их роста и увеличению биологической ценности, получаемой от них продукции [9, с. 74].

Исследования, проведенные В. Г. Вертипраховым и соавторами на мясных курах, показали, что использование фитобиотика, содержащего эфирные масла чабреца, эвкалипта, лимона, чеснока в сочетании с пробиотиком на основе культур *Bacillus* оказывало положительное влияние на переваримость протеина и жира, повышение биодоступности аминокислот, улучшение качества скорлупы яйца и нормализацию метаболических и иммунологических показателей. При этом авторы отмечали, что на среднюю массу яйца использованные добавки значимого влияния не оказали [10, с. 10].

По данным Е. Р. Нуралиева и И. И. Кочиша, применение ферментативного фитобиотика на основе эфирных масел курам-несушкам помимо бактерицидного действия также способствовало росту активности макрофагов кишечника, усилению синтеза интерферона и иммуноглобулинов, а также способствовало увеличению интенсивности роста птицы, улучшало выравненность стада к продуктивному периоду [11, с. 116].

У кур яичных кроссов использование фитобиотиков приводило к более раннему выходу птицы на пик продуктивности и более продолжительному удержанию высокого уровня интенсивности яйценоскости, к увеличению массы яйца, улучшению его качества, снижению выбраковки яиц с боем и насечкой, повышением сохранности поголовья кур [12, с. 35]. По данным Tzeng и соавторов, использование биологически активных метаболитов лекарственных растений оказывает влияние на кишечный микробиом, а также на метаболизм белков и липидов у кур-несушек, что косвенно может оказывать влияние на продуктивность, качество яйца и на продуктивное долголетие птицы [17, с. 1381].

P. Abad и соавторы, D. Kothari и соавторы указывают, что фитобиотические добавки на основе растительных метаболитов *Allium* способствовали улучшению яйценоскости, снижению концентрации нежелательных липидных соединений в плазме кур-несушек, улучшению химического состава и питательной ценности яиц [13, с. 1032; 14, с. 51]. При этом достижение положительных эффектов возможно в сравнительно короткий срок – в течение 4 недель у кур яичного кросса [15, с. 11].

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на курах-несушках Ломан-классик 400 дневного возраста. Было сформировано 4 группы несушек по 120 голов в каждой, находившихся в одинаковых технологических условиях и получавших стандартный рацион промышленного производства. В эксперименте использовали два препарата: «Энрофлон» (10-процентный раствор энрофлоксацина) для перораль-

ного применения, дозировали из расчета 0,5 мл/л воды для поения в течение 7 дней; фитобиотический препарат, разработанный нами совместно с ФГБУН НИИСХ Крыма, имевший в составе жмых облепихи, клевер луговой, а также горчичное, облепиховое и кедровое масла. Фитобиотик добавляли в корм из расчета 10 г на голову в сутки в течение 14 дней. Несушки в группе I получали только «Энрофлон», в группе II – «Энрофлон» и фитобиотик, в группе III – только фитобиотик, группа IV – контрольная, получала только стандартный рацион без добавок. Перед началом опыта и после окончания введения препаратов отбирали смывы с клоаки кур для микробиологических исследований, пробы крови для биохимического, иммунологического и гематологического анализа. Повторное микробиологическое исследование выполняли на 40-е сутки. В течение всего экспериментального периода анализировали яйценоскость и среднюю массу яйца, проводили физико-химический анализ яиц, определяли толщину скорлупы и содержание в ней кальция и фосфора (ГОСТ 26570-95, п. 2.2, ГОСТ 26657-97, пп. 4.1–4.4), массовую долю витаминов А, D3 и Е в желтке методом ВЭЖХ. В группах I и II, получавших антибиотик, определяли остаточное содержание энрофлоксацина в яйце методом ВЭЖХ. Биохимические исследования плазмы крови выполняли на анализаторе ChemmWell 2910 (Combi) методами, рекомендованными IFCC; иммуногематологические исследования проводили по стандартным методикам с определением показателей красной и белой крови, лейкоформулы, фагоцитарной активности, осмотической резистентности эритроцитов, миелопероксидазы в лейкоцитах крови. Микробиологические исследования проводили в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам»; национальным стандартом ГОСТ Р ИСО 20776-1-2010; Клиническими рекомендациями, утвержденными на Расширенном совещании Межрегиональной ассоциации по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии (Москва, 15.05.2017 г.); Критериями для интерпретации категорий чувствительности по EUCAST: Clinical breakpoints – bacteria (v.10.0), по CLSI VET06.2017 1th edition. Идентификацию выросших колоний проводили методами классической микробиологии, а также методом MALDI-TOF масс-спектрометрии на приборе Vitek MS (BioMerieux, Франция), масс-спектры рибосомальных белков сравнивали с базой данных с использованием программного обеспечения Myla. Чувствительность к антибиотикам определяли диско-диффузионным методом и методом последовательных микроразведений (EUCAST и ГОСТ Р ИСО 20776-1-2010), а также с использованием инструкций к тест-системам. Анализ генетических детерминант

резистентности выполняли методом ПЦР согласно инструкциям производителей тест-систем. Статистический анализ полученных данных проводили в программах MS Excel и Statistica 10,0 параметрическими и непараметрическими методами. При нормальном распределении использовали *t*-критерий Стьюдента, в остальных случаях при анализе независимых выборок *U*-критерий Манна – Уитни, при анализе зависимых выборок – *W*-критерий Вилкоксона.

Результаты (Results)

Микробиологические исследования биоматериала, взятого до начала опыта с препаратами, показали, что в основном микрофлора кур-несушек была представлена *Escherichia coli*, *Staphylococcus equorum*, *Staphylococcus xylosum*, *Enterococcus faecium*, *Candida catenulata*, *Klebsiella oxytoca*. В единичных количествах выделяли *Corynebacterium amycolatum*, *Corynebacterium xerosis*, *Enterococcus faecalis*, *Aerococcus viridans*, *Psychrobacter phenylpyruvicus*, *Penicillium spp.*, *Trichosporon asachii*, *Acinetobacter spp.* и *Aerococcus spp.*

Исследование смывов, взятых на 40-е сутки, показало увеличение видового разнообразия эн-

терококков (*E. faecalis*, *E. avium*, *E. casseliflavus*), стафилококков (*S. vitulinus*, *S. equorum*, *S. xylosum*, *S. aureus*) и коринебактерий (*C. freneyi*, *C. amycolatum*, *C. xerosis*, *C. coyleae*). Была выявлена тенденция к росту бактериальной обсемененности биоматериала за время проведения эксперимента: в контрольной группе IV она выросла в 3 раза (с $9,78 \cdot 10^3$ КОЕ/обр. до $2,96 \cdot 10^4$ КОЕ/обр.), в группе III, получавшей только фитобиотик, – в 2,3 раза с $4,26 \cdot 10^3$ КОЕ/обр. до $9,89 \cdot 10^3$ КОЕ/обр. При этом в группах, где птица получала энрофлоксацин, динамика данного показателя была более умеренной: обсемененность увеличилась в 1,3–1,4 раза. Суммарная микробная обсемененность образцов на 40-е сутки была максимальной в контрольной группе IV, минимальной – в группе I, получавшей только энрофлоксацин, и в группе III, получавшей только фитобиотик (разница с контролем в 3 раза). В группе II, получавшей энрофлоксацин совместно с фитобиотиком, суммарная средняя обсемененность биоматериала по всем выявленным условно-патогенным микроорганизмам была в 2,16 раза меньше, чем в контрольной группе, и в 1,4 раза выше, чем в группах I и III (таблица 1).

Таблица 1

Средняя бактериальная обсемененность смывов с клоаки кур стафилококками, энтерококками и кишечной палочкой до и после применения препаратов (КОЕ/образец)

Этап	Микроорганизм	Группа I (энрофлоксацин)	Группа II (энрофлоксацин + фитобиотик)	Группа III (фитобиотик)	Группа IV (контроль)	Среднее по всем группам
До опыта (1-е сутки)	<i>E. coli</i>	5 500	3 143	1 988	2 764	3 349
	<i>S. equorum</i>	720	2 690	950	5 500	2 465
	<i>S. xylosum</i>	570	4 407	825	1 002	1 701
	<i>S. aureus</i>	12	7	15	9	11
	<i>Candida spp.</i>	80	65	94	91	83
	<i>E. faecium</i>	123	316	387	411	309
	<i>K. oxytoca</i>	0	4	13	9	9
	Суммарная обсемененность по группе	7 005	10 632	4 272	9 786	–
После опыта (40-е сутки)	<i>E. coli</i>	6 307	3 850	3 672	12 643	6 618
	<i>S. equorum</i>	525	360	761	1 500	787
	<i>S. xylosum</i>	810	740	200	1 700	863
	<i>S. aureus</i>	12	8	19	47	22
	<i>S. vitulinus</i>	10	602	71	70	188
	<i>E. faecium</i>	166	2 216	1 074	2 962	1 605
	<i>E. avium</i>	805	0	1357	176	585
	<i>E. casseliflavus</i>	308	3 896	1 489	1 710	1 851
	<i>E. faecalis</i>	861	2 105	1 233	8 837	3 259
	<i>K. pneumoniae</i>	9	4	11	23	12
	Суммарная обсемененность по группе	9 813	13 781	9 887	29 668	–

Table 1
Average bacterial infestation of chicken cloaca wipes with staphylococci, enterococci and *E. coli* before and after drug application (CFU/sample)

Stage	Microorganism	Group I (enrofloxacin)	Group II (enrofloxacin + phytobiotic)	Group III (phytobiotic)	Group IV (control)	Average for all groups
Before experiment (1 st day)	<i>E. coli</i>	5 500	3 143	1 988	2 764	3 349
	<i>S. equorum</i>	720	2 690	950	5 500	2 465
	<i>S. xylosus</i>	570	4 407	825	1 002	1 701
	<i>S. aureus</i>	12	7	15	9	11
	<i>Candida spp.</i>	80	65	94	91	83
	<i>E. faecium</i>	123	316	387	411	309
	<i>K. oxytoca</i>	0	4	13	9	9
	Total contamination of the group	7 005	10 632	4 272	9 786	–
After the experiment (40 th day)	<i>E. coli</i>	6 307	3 850	3 672	12 643	6 618
	<i>S. equorum</i>	525	360	761	1 500	787
	<i>S. xylosus</i>	810	740	200	1 700	863
	<i>S. aureus</i>	12	8	19	47	22
	<i>S. vitulinus</i>	10	602	71	70	188
	<i>E. faecium</i>	166	2 216	1 074	2 962	1 605
	<i>E. avium</i>	805	0	1357	176	585
	<i>E. casseliflavus</i>	308	3 896	1 489	1 710	1 851
	<i>E. faecalis</i>	861	2 105	1 233	8 837	3 259
	<i>K. pneumoniae</i>	9	4	11	23	12
	Total contamination of the group	9 813	13 781	9 887	29 668	–

Наибольший вклад в суммарную обсемененность образцов вносили изоляты кишечной палочки и стафилококков. Изменение среднего количества изолятов *E. coli* к концу эксперимента было неодинаковым во всех четырех группах. Так, в группе III в смывах с клоаки несушек в среднем выделяли $3,67 \cdot 10^3$ КОЕ *E. coli* на образец, что было в 1,85 раза выше, чем аналогичный показатель от первых суток (рис. 1). Наибольшее увеличение установили в IV группе – в 4,6 раза. А в группах I и II, получавших антибиотик, рост средней обсемененности кишечной палочкой был выражен меньше – увеличение в 1,15 раза и 1,23 раза соответственно. Полученные результаты свидетельствовали об активности энрофлоксацина в отношении *E. coli*, что согласовывалось с заявленной производителем информацией. Аналогичная тенденция была установлена для изолятов *Staphylococcus spp.*

Исследовали чувствительность обнаруженных изолятов условно-патогенных бактерий к некоторым антибиотикам. Было установлено, что в биоматериале, взятом до введения препаратов в рацион кур, *Staphylococcus spp.* были чувствительны (S) к полусинтетическим пенициллинам, цефалоспори-

нам, карбапенемам, фторхинолонам, линкозамидам, гликопептидам. Однако был выявлен достаточно высокий уровень устойчивости стафилококков к аминогликозидам – 20,2 % изолятов *Staphylococcus spp.* в группе I, 16,7 % в группе II, 17,1 % в группе III, 18,5 % в группе IV (рис. 2). Частично это могло быть связано с наличием в биоматериале существенного количества *S. vitulinus* и *S. xylosus*, имеющих резистентность к аминогликозидам и фторхинолонам. При повторном исследовании биоматериала, взятого на 40-е сутки, отметили сохранение выявленного уровня резистентности *Staphylococcus spp.* к ципрофлоксацину, тобрамицину, гентамицину и амикацину. Существенным являлся тот факт, что соотношение чувствительных, слабо чувствительных и резистентных изолятов стафилококков в группах было сравнительно одинаковым, несмотря на применение антибиотиков в одних группах и их отсутствие в других.

При анализе антибиотикочувствительности изолятов *Enterococcus spp.*, выделенных из проб биоматериала на 1-е и 40-е сутки, обнаружили тенденцию к увеличению чувствительных к ванкомицину изолятов в группах II (на 7,5 %) и III (на 11,1 %).



Рис. 1. Средняя обсемененность *E. coli* биоматериала от несушек опытных и контрольной групп до и после эксперимента

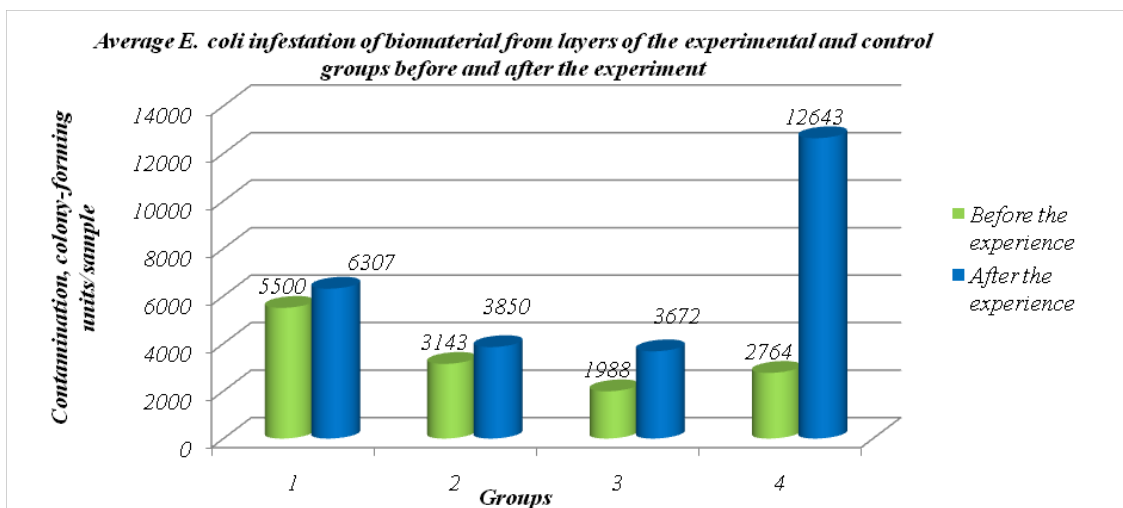


Fig. 1. Average *E. coli* infestation of biomaterial from layers of the experimental and control groups before and after the experiment



Рис. 2. Чувствительность изолятов *Staphylococcus spp.* к антибиотикам в опытных и контрольной группах до и после введения препаратов

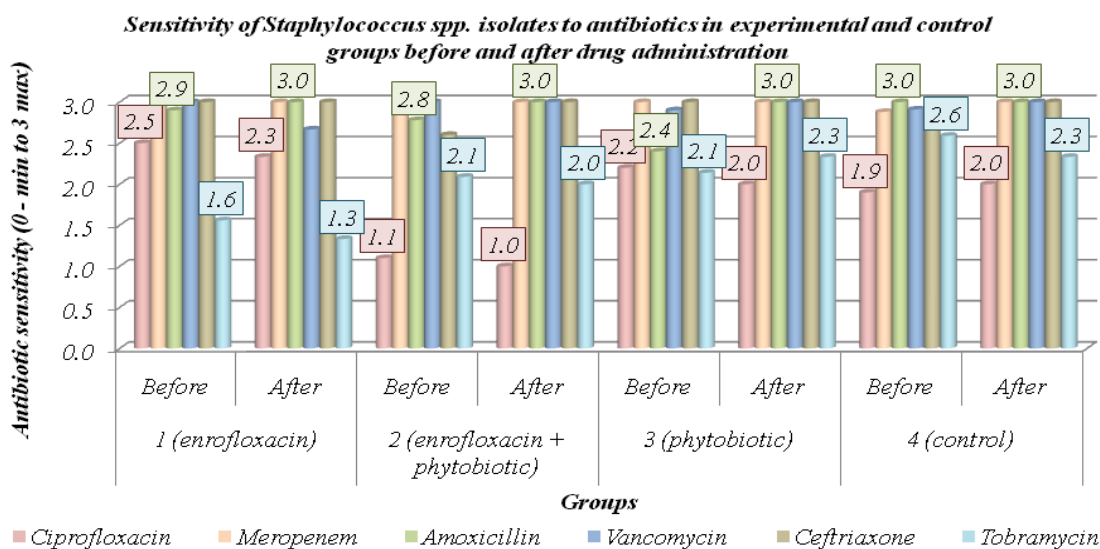


Fig. 2. Sensitivity of *Staphylococcus* spp. isolates to antibiotics in the experimental and control groups before and after drug administration

Изоляты *E. coli*, первоначально обнаруженные во всех четырех группах, характеризовались низкой чувствительностью (I) к амоксициллину: средний профиль по группам находился в диапазоне от 1,0 до 2,0 по шкале от 0 (min, R) до 3 (max, S), а также резистентностью к ампициллину, ципрофлоксацину и цефепиму. Изоляты *E. coli*, выделенные из биоматериала на 40-е сутки, также были резистентны к ампициллину – 96,7 % в группе IV и 90,3 % в группе II. Изоляты *K. pneumoniae* были чувствительны (S) к ципрофлоксацину, энрофлоксацину и меропенему, но устойчивы (R) к цефепиму (при МПК 4,0 мг/л) и ампициллину (МПК 16,0 мг/л).

Часть выявленных в биоматериале изолятов *E. coli* и *K. pneumoniae* исследовали на наличие генов, ассоциированных с продукцией бета-лактамаз расширенного спектра (БЛРС или ESBL). Было установлено, что выявленные во II, III и IV группах изоляты *E. coli* были контаминированы генами CTX-M+, связанными с семейством цефотаксимаз, гидролизующих β-лактамное кольцо и обуславливающих устойчивость бактерий ко всем пенициллинам и цефалоспорином I–IV поколений, азтреонаму. У изолятов *E. coli*, выделенных из I и IV групп, обнаружили гены бета-лактамаз расширенного спектра типа TEM, а у изолятов *K. pneumoniae* из группы IV – типа SHV. При этом гены резистентности выявляли в культурах из биоматериала, отобранного как на 1-е, так и на 40-е сутки, что свидетельствовало об изначальной контаминации микробиомов птицы генетическими детерминантами резистентности и их сохранении на протяжении опытного периода.

Исследование биохимического и иммунологического статуса несушек показало, что наиболее оптимальной схемой было совместное применение энрофлоксацина и фитобиотика (группа III). Установили, что в этом случае у несушек происходило заметное угнетение условно-пато-

генной микрофлоры пищеварительного тракта, вследствие чего уменьшалась антигенная нагрузка на организм. И хотя применение энрофлоксацина вызывало функциональные изменения иммунной системы, действие фитобиотика нивелировало их за счет нормализации процессов тканевого и клеточного дыхания. Также отмечали мембраностабилизирующий эффект фитобиотического препарата. В группе I, где птица получала только энрофлоксацин, были обнаружены иммуногематологические признаки снижения гуморального иммунитета. В группе III, получавшей только фитобиотик, бактериостатический эффект был выражен слабее, чем в группах, получавших энрофлоксацин. При этом отмечали биохимические маркеры дефицита холекальциферола, свидетельствовавшие о недостаточности его всасывания в кишечнике. Результаты исследования крови несушек контрольной IV группы свидетельствовали о росте антигенной нагрузки в течение экспериментального периода, что предположительно было следствием увеличения активности кишечной микрофлоры.

На протяжении опытного периода анализировали динамику яйценоскости несушек в группах (таблица 2). Среднее значение показателя за весь экспериментальный период – 0,94, при этом максимальным оно было в группе II, получавшей одновременно антибиотик и фитобиотик (0,99), а минимальным – в группе I, где несушки получали только препарат «Энрофлон» (0,89) (таблица 2).

Динамика яйценоскости на несушку в течение опытного периода в группах была разнонаправленной. Так, в первой группе, получавшей только энрофлоксацин, и третьей группе, получавшей только фитобиотик, отмечали снижение среднего значения на 3,6 % и 2,2 % соответственно. В группе II, получавшей антибиотик и фитобиотик, и в контрольной группе IV, напротив, отмечали рост среднего значения яйценоскости на 12,3 % и 11,6 % соответственно.

Таблица 2
Яйценоскость на несушку в опытных и контрольной группах по неделям и за весь экспериментальный период

Период	Группа I	Группа II	Группа III	Группа IV
	Энрофлоксацин	Энрофлоксацин + фитобиотик	Фитобиотик	Контроль
1-я неделя	0,83	0,91	0,91	0,86
2-я неделя	1,03	1,09	1,03	0,96
3-я неделя	0,89	0,74	0,86	0,79
4-я неделя	0,89	1,09	0,89	1,04
5-я неделя	0,80	1,11	0,89	0,96
Среднее (за весь период)	0,89	0,99	0,91	0,96

Table 2
Egg laying rate per laying hen in the experimental and control groups by week and for the whole experimental period

Period	Group I	Group II	Group III	Group IV
	Enrofloxacin	Enrofloxacin + phytobiotic	Phytobiotic	Control
1 st week	0.83	0.91	0.91	0.86
2 nd week	1.03	1.09	1.03	0.96
3 rd week	0.89	0.74	0.86	0.79
4 th week	0.89	1.09	0.89	1.04
5 th week	0.80	1.11	0.89	0.96
Average value (the whole period)	0.89	0.99	0.91	0.96

Таблица 3
Динамика средней массы яйца в опытных (I, II, III) и контрольной (IV) группах по неделям

Период	Средняя масса яйца (г)			
	Группа I	Группа II	Группа III	Группа IV
1-я неделя*	65,8	65,5	64,7	66,0
2-я неделя	64,9	64,4	65,2	65,4
3-я неделя	65,9	67,5	63,4	63,4
4-я неделя	66,0	65,5	61,8	64,8
5-я неделя	65,8	65,9	64,7	63,4
Среднее значение	65,6	65,7	64,0	64,6

*Начальное среднее значение показателя групп до опыта – 65,5 г.

Table 3
Dynamics of average egg weight in the experimental (I, II, III) and control (IV) groups by week

Period	Average egg's mass (g)			
	Group I	Group II	Group III	Group IV
1 st week*	65.8	65.5	64.7	66.0
2 nd week	64.9	64.4	65.2	65.4
3 rd week	65.9	67.5	63.4	63.4
4 th week	66.0	65.5	61.8	64.8
5 th week	65.8	65.9	64.7	63.4
Average value	65.6	65.7	64.0	64.6

*The average value before the experiment – 65.5 g.

Анализ средней массы яиц в группах в течение опытного периода показал большую однородность значений в группах I и II, получавших антибиотик, по сравнению с группами III и IV, при этом значения в I и II группах были выше, чем средний показатель по всему поголовью (таблица 3). Распределение средней массы яйца в порядке убывания было следующим: группа II (65,7 г), группа I (65,6 г), группа IV контрольная (64,6 г), группа III (64,0 г). Среднее значение до начала опыта составляло 65,5 г.

Динамика на протяжении опытного периода была наиболее заметной в контрольной группе – средняя масса яйца уменьшилась к концу опыта на 3,94 % по сравнению с показателем в начале. В других группах изменения были слабо выражены: так, выявили тенденцию к незначительному приросту средней массы яйца в группе II на 0,31 % и группе III на 1,1 %, несушки обеих этих групп получали в рациионе фитобиотическую добавку.

Таблица 4
Среднее значение массовой доли ретинола ацетата, токоферола и холекальциферола в желтке яиц до опыта и после

Этап	Массовая доля ретинола ацетата (витамин А), мг/кг	Массовая доля токоферола (витамин Е), мг/кг	Массовая доля холекальциферола (витамин D3), мг/кг
Начало опыта	5,67 ± 1,71	71,56 ± 21,47	< 0,15
Конец опыта	5,92 ± 1,78	70,03 ± 15,6	< 0,15

Table 4
Average mass fraction of retinol acetate, tocopherol and cholecalciferol in egg yolk before and after the experiment

Stage	Mass fraction retinol acetate (vitamin A), mg/kg	Mass fraction of tocopherol (vitamin E), mg/kg	Mass fraction of cholecalciferol (vitamin D3), mg/kg
Start of experiment	5.67 ± 1.71	71.56 ± 21.47	< 0.15
End of experiment	5.92 ± 1.78	70.03 ± 15.6	< 0.15

Исследовали толщину скорлупы яиц и содержание в ней кальция и фосфора. Было выявлено, что средние значения толщины скорлупы на 4 и 5 неделях увеличились в 1,4–1,5 раза в группах III и II. Несушки обеих групп получали фитобиотик. При этом массовая доля кальция в скорлупе несколько снизилась в группах I и II, получавших энрофлоксацин, а массовая доля фосфора практически не изменилась.

При химическом анализе содержания жирорастворимых витаминов в желтке яиц установили, что применение энрофлоксацина и фитобиотика как совместно, так и по отдельности не оказало влияния на данные показатели. Изменения средних значений массовой доли витаминов А, Е и D3 достоверно не отличались между группами, начальными и конечными точками опыта (таблица 4).

Проводили анализ остаточного содержания энрофлоксацина в яйце от несушек из групп I и II через две недели после прекращения введения антибиотика, так как регламентированный период, в течение которого не допускается использование куриного яйца в пищу после применения энрофлоксацина составляет 14 дней. Было установлено, что объединенная проба яйца из группы I содержала энрофлоксацин в количестве 4 мг/кг, в то время как в объединенной пробе яйца из группы II антибиотик обнаружен не был. Предположительно, это связано с ускорением выведения энрофлоксацина из организма несушек при совместном приеме с фитобиотиком и снижением к 14-м суткам концентрации антибиотика в тканях до такого уровня, что он уже не поступал в яйцо.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенные микробиологические исследования показали, что использование антибиотика энрофлоксацина отдельно или в сочетании с фитобиотическим препаратом не оказало существенного влияния на темп развития и уровень антибиотикорезистентности условно-патогенной микрофлоры у кур-несушек 400-дневного возраста. Микробиомы желудочно-кишечного тракта кур-несушек к этому времени были уже сформированы, стабильны и

контаминированы агентами АМР. По данным Khan и соавторов, у кур стабильная кишечная микрофлора наблюдается, как правило, с четвертой недели жизни и остается такой, если не происходит нарушения, связанного с резкой сменой рациона, инфекцией или каким-либо другим экзогенным фактором [16, с. 5–10]. Попадание агентов резистентности в пищеварительный тракт несушек могло произойти в любом возрастном периоде, а более высокая адаптивность резистентных штаммов способствовала их закреплению в составе кишечного микробиома.

Применение фитобиотика в сочетании с энрофлоксацином оказало положительное влияние на метаболические процессы и иммунный статус несушек за счет синергии в угнетении патогенной микрофлоры кишечника, нивелирования нежелательных эффектов антибиотика, а также мембраностабилизирующего действия фитобиотика и улучшения процессов тканевого и клеточного дыхания.

Показатели яйценоскости и средней массы яйца были наиболее высокими в группе II, где несушки получали энрофлоксацин вместе с фитобиотиком, а наименьшими – в группах, где применялся только энрофлоксацин или только фитобиотик.

В яйце от несушек из группы I через 14 суток после прекращения введения антибиотика было обнаружено остаточное содержание энрофлоксацина в количестве 4 мг/кг. В то время как в группе II энрофлоксацин обнаружен не был. Предположительно, это связано с ускорением выведения энрофлоксацина из организма несушек при совместном приеме с фитобиотиком и снижением к 14-м суткам концентрации антибиотика в тканях до такого уровня, что он уже не поступал в яйцо. Данный факт особенно важен, так как, согласно действующим регламентам, наличие энрофлоксацина в пищевом яйце не допускается.

Таким образом, в ходе проведенных исследований наиболее оптимальным было сочетанное применение энрофлоксацина с фитобиотическим препаратом, оказавшее наиболее заметное положительное влияние на показатели метаболизма, продуктивности и качества яйца.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках проекта РНФ проект № 18-16-00040 П «Разработка системы для блокирования ферментативной активности патогенных и

условно-патогенных микроорганизмов в условиях хронического иммунодефицита и трансмиссивной антибиотикорезистентности у животных и птиц».

Библиографический список

1. Васильева О. А., Нуфер А. И., Шацких Е. В. Альтернативные пути замены кормовых антибиотиков // Эффективное животноводство. 2019. № 4 (152). С. 13–15.
2. Стрельникова И. И., Кислицына Н. А. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2020. № 4 (24). С. 433–444. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-433-444.
3. Султанаева Л. З., Балджи Ю. А. Эффективность использования фитобиотических добавок в рационе крупного и мелкого рогатого скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2021. № 2. С. 96–110. DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-96.
4. Селиванова Ю. А. Широкий спектр фитонцидов – максимальная функциональность фитобиотика // Птицеводство. 2018. № 1. С. 37–40.
5. Yamashiro Y. Gut Microbiota in Health and Disease // Annals of Nutrition and Metabolism. 2017. Vol. 71. No. 3-4. Pp. 242–246. DOI: 10.1159/000481627.
6. Kraimi N., Dawkins M., Gebhardt-Henrich S.G. Influence of the Microbiota-Gut-Brain Axis on Behavior and Welfare in Farm Animals: A Review // Physiology and Behavior. 2019. Vol. 210. Article number 112. DOI: 10.1016/j.physbeh.2019.112658.
7. Guitton E., Faurie A., Lavillatte S. Production of Germ-Free Fast-Growing Broilers from a Commercial Line for Microbiota Studies // Journal of Visualized Experiments. 2020. Vol. 18. Pp. 61–148. DOI: 10.3791/61148.
8. Багно О. А., Прохоров О. Н., Шевченко С. А. [и др.] Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. -№ 4. С. 687–697. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.4.687rus.
9. Зиннатов Ф. Ф., Шамсова А. Р., Зиннатова Ф. Ф., Ахметов Т. М., Сафиуллина А. Р. Взаимосвязь полиморфизма генов липидного обмена (Ler, tg5) с молочной продуктивностью крупного рогатого скота // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2017. № 3. Pp. 72–75.
10. Вертипрахов В. Г., Егоров И. А., Ленкова Т. Н. [и др.] Использование фитобиотика и пробиотика в комбикормах для мясных кур селекции СГЦ «Смена» // Ветеринария и кормление. 2020. № 6. С. 7–12. DOI: 10.30917/АТТ-ВК-1814-9588-2020-6-2.
11. Нуралиев Е. Р., Кочиш И. И. Применение фитобиотика «Провитол» для улучшения конверсии корма в промышленном птицеводстве // Вестник АГАУ. 2017. № 8 (154). С. 112–117.
12. Шацких Е. В., Латыпова Е. Н., Несват Е. Г., Поляков П. С. Продуктивность кур-несушек при включении в рацион фитобиотиков // Птицеводство. 2021. № 6. С. 35–39. DOI: 10.33845/0033-3239-2021-70-6-35-39.
13. Kothari D., Lee W.-D., Niu K.-M., Kim S.-K. The genus Allium as poultry feed additive: A review // Animals. 2019. Vol. 9. Article number 1032. DOI: 10.3390/ani9121032.
14. Abad P., Arroyo-Manzanares N., Ariza J. J., Baños A., García-Campaña A. M. Effect of Allium extract supplementation on egg quality, productivity, and intestinal microbiota of laying hens // Animals. 2020. Vol. 41. Pp. 48–54. DOI: 10.3390/ani11010041
15. Rabelo-Ruiz M., Ariza-Romero J. J., Zurita-González M. J., Martín-Platero A. M., Baños A., Maqueda M., Valdivia E., Martínez-Bueno M., Peralta-Sánchez J. M. Allium-Based Phytobiotic Enhances Egg Production in Laying Hens through Microbial Composition Changes in Ileum and Cecum // Animals (Basel). 2021. No. 11 (2). Article number 448. DOI: 10.3390/ani11020448.
16. Khan S., Moore R. J., Stanley D., Chousalkar K. K. The Gut Microbiota of Laying Hens and Its Manipulation with Prebiotics and Probiotics to Enhance Gut Health and Food Safety // Applied and Environmental Microbiology. 2020. Vol. 86 (13). Pp. 5–10. DOI: 10.1128/AEM.00600-20.
17. Tzeng T. J., Liu T. Y., Lin C. W. et al. Effects of Dietary Inclusion of Dry Hydrastis Canadensis on Laying Performance, Egg Quality, Serum Biochemical Parameters and Cecal Microbiota in Laying Hens // Animals (Basel). 2021. No. 11 (5). Article number 1381. DOI: 10.3390/ani11051381.
18. Abd El-Hack M. E., Alagawany M., Abdel-Moneim A. E. et al. Cinnamon (Cinnamomum zeylanicum) Oil as a Potential Alternative to Antibiotics in Poultry // Antibiotics (Basel). 2020. No. 9 (5). Article number 210. DOI: 10.3390/antibiotics9050210.

Об авторах:

Анна Сергеевна Кривоногова¹, доктор биологических наук, доцент, ORCID 0000-0003-1918-3030, AuthorID 683239; +7 (343) 371-33-63, tel-89826512934@yandex.ru

Альбина Геннадьевна Исаева¹, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0001-8395-1247, AuthorID 665717; +7 (343) 371-33-63, isaeva.05@bk.ru

Ирина Михайловна Донник¹, академик РАН, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0001-8349-3004, AuthorID 313786; +7 (343) 371-33-63, ktqrp7@yandex.ru

Егор Александрович Логинов¹, аспирант факультета ветеринарной медицины, ORCID 0009-0007-0810-8365, AuthorID 1164024; +7 (343) 371-33-63, loginov.ea19@gmail.com

Ксения Викторовна Моисеева¹, преподаватель кафедры инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0002-9858-1880, AuthorID 779572; +7 (343) 371-33-63, moiseeva456@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Antibiotic and phytobiotic's effect on health status, productivity of laying hens and egg quality

A. S. Krivonogova¹, A. G. Isaeva[✉], I. M. Donnik¹, E. A. Loginov¹, K. V. Moiseeva¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: isaeva.05@bk.ru

Abstract. The study of phytobiotics application is one of the topical directions in the strategy of antimicrobial resistance containment. **The aim** of this work was to study the effects of separate and combined use of enrofloxacin and phytobiotic drugs in 400-day-old laying hens. **Methods.** The studies were conducted on four groups of Loman-classic layers; in the course of the experiment, enrofloxacin and a phytobiotic based on sea buckthorn cake and mustard, cedar and sea buckthorn oils were introduced into the diet. **Results.** It was found that the use of drugs had no significant effect on the composition of microflora and the level of antibiotic resistance of gastrointestinal bacteria in chickens because by the age of 400 days the intestinal microbiomes of laying hens were already formed, stable and contaminated with AMR agents. Also when combining antibiotic and phytobiotic there was an increase in egg laying rate, average egg weight, accelerated excretion of enrofloxacin from the body of layers and reduction of its content in the egg to the detection limit. While in the group of laying hens receiving only enrofloxacin, its residual content in the egg was detected 2 weeks after cessation of its introduction. Thus, in the course of this research, the most optimal was the combined use of enrofloxacin with a phytobiotic drug, which had the most noticeable positive effect on metabolic parameters, productivity and egg quality. **The novelty** of the work is to obtain data on the effect of phytobiotic drug on a number of health indicators, productivity of laying hens and egg quality, and the selection of promising scheme of its use.

Keywords: phytobiotic, productivity, laying hens, eggs, resistance genes, antibiotic susceptibility, enrofloxacin, E. coli, opportunistic pathogenic microflora.

For citation: Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Donnik I. M., Loginov E. A., Moiseeva K. V. Vliyanie antibiotika i fitobiotika na sostoyaniye zdorov'ya, produktivnost' kur-nesushek i kachestvo yaytsa [Antibiotic and phytobiotic's effect on health status, productivity of laying hens and egg quality] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 61–71. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-61-71. (In Russian.)

Date of paper submission: 08.11.2022, **date of review:** 08.12.2022, **date of acceptance:** 13.12.2022.

References

1. Vasil'eva O. A., Nufer A. I., Shatskikh E. V. Al'ternativnye puti zameny kormovykh antibiotikov [Alternative ways to replace feed antibiotics] // Effective livestock breeding. 2019. No. 4 (152). Pp. 13–15. (In Russian.)
2. Strel'nikova I. I., Kislitsyna N. A. Effektivnost' primeneniya fitobiotikov v ptitsevodstve [Effectiveness of phytobiotics in poultry farming] // Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics". 2020. Vol. 6. No. 4. Pp. 433–444. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-433-444. (In Russian.)
3. Sultanaeva L. Z., Baldzhi Yu. A. Effektivnost' ispol'zovaniya fitobioticheskikh dobavok v ratsione krupnogo i melkogo rogatogo skota (obzor) [The efficiency of the use of phytobiotic additives in the diet of large and small cattle (review)] // Livestock and fodder production. 2021. No. 2. Pp. 96–110. DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-96. (In Russian.)
4. Selivanova Yu. A. Shirokiy spektr fitontsidov – maksimal'naya funktsional'nost' fitobiotika [A Wide Range of Phytoncides Improve Functionality of Phytobiotics] // Ptitsevodstvo. 2018. No. 1. Pp. 37–40. (In Russian.)

5. Yamashiro Y. Gut Microbiota in Health and Disease // *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2017. Vol. 71. No. 3-4. Pp. 242–246. DOI: 10.1159/000481627.
6. Kraimi N., Dawkins M., Gebhardt-Henrich S.G. Influence of the Microbiota-Gut-Brain Axis on Behavior and Welfare in Farm Animals: A Review // *Physiology and Behavior*. 2019. Vol. 210. Article number 112. DOI: 10.1016/j.physbeh.2019.112658.
7. Guitton E., Faurie A., Lavillatte S. Production of Germ-Free Fast-Growing Broilers from a Commercial Line for Microbiota Studies // *Journal of Visualized Experiments*. 2020. Vol. 18. Pp. 61–148. DOI: 10.3791/61148.
8. Bagno O. A., Prokhorov O. N., Shevchenko S. A. et al. Fitobiotiki v kormlenii sel'skokhozyaystvennykh zhi-votnykh [Use of phytobiotics in farm animal feeding (review)] // *Agricultural Biology*. 2018. Vol. 53. No. 4. Pp. 687–697. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.4.687rus. (In Russian.)
9. Zinnatov F. F., Shamsova A. R., Zinnatova F. F., Akhmetov T. M., Safullina A. R. Vzaimosvyaz' polimorfizma genov lipidnogo obmena (Lep, tg5) s molochnoy produktivnost'yu krupnogo rogatogo skota [Interrelation of polymorphism of lipid metabolism genes (LEP, TG5) with milk production of cattle] // *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2017. Vol. 231. No. 3. Pp. 72–75. (In Russian.)
10. Vertiprakhov V. G., Egorov I. A., Lenkova T. N. et al. Ispol'zovanie fitobiotika i probiotika v kombikormakh dlya myasnykh kur selektsii SGTs "Smena" [The effectiveness of a phytobiotic and a probiotic in diets for broiler preparational lines selected by the center for genetics & selection "Smena"] // *Veterinaria i kormlenie*. 2020. No. 6. Pp. 7–12. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-6-2. (In Russian.)
11. Nuraliev E. R., Kochish I. I. Primenenie fitobiotika "Provitol" dlya uluchsheniya konversii korma v promyshlennom ptitsevodstve [Application of "Provitol" phytobiotic to improve feed conversion in commercial poultry farming] // *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2017. No. 8 (154). Pp. 112–117. (In Russian.)
12. Shatskikh E. V., Latypova E. N., Nesvat E. G., Polyakov P. S. Produktivnost' kur-nesushek pri vkl'yuchenii v ratsion fitobiotikov [The Effects of Phytobiotics in Feed and Water on the Productive Performance in Laying Hens] // *Ptitsevodstvo*. 2021. No. 6. Pp. 35–39. DOI: 10.33845/0033-3239-2021-70-6-35-39. (In Russian.)
13. Kothari D., Lee W.-D., Niu K.-M., Kim S.-K. The genus *Allium* as poultry feed additive: A review // *Animals*. 2019. Vol. 9. Article number 1032. DOI: 10.3390/ani9121032.
14. Abad P., Arroyo-Manzanares N., Ariza J. J., Baños A., García-Campaña A. M. Effect of *Allium* extract supplementation on egg quality, productivity, and intestinal microbiota of laying hens // *Animals*. 2020. Vol. 41. Pp. 48–54. DOI: 10.3390/ani11010041
15. Rabelo-Ruiz M., Ariza-Romero J. J., Zurita-González M. J., Martín-Platero A. M., Baños A., Maqueda M., Valdivia E., Martínez-Bueno M., Peralta-Sánchez J. M. *Allium*-Based Phytobiotic Enhances Egg Production in Laying Hens through Microbial Composition Changes in Ileum and Cecum // *Animals (Basel)*. 2021. No. 11 (2). Article number 448. DOI: 10.3390/ani11020448.
16. Khan S., Moore R. J., Stanley D., Chousalkar K. K. The Gut Microbiota of Laying Hens and Its Manipulation with Prebiotics and Probiotics to Enhance Gut Health and Food Safety // *Applied and Environmental Microbiology*. 2020. Vol. 86 (13). Pp. 5–10. DOI: 10.1128/AEM.00600-20.
17. Tzeng T. J., Liu T. Y., Lin C. W. et al. Effects of Dietary Inclusion of *Dry Hydrastis Canadensis* on Laying Performance, Egg Quality, Serum Biochemical Parameters and Cecal Microbiota in Laying Hens // *Animals (Basel)*. 2021. No. 11 (5). Article number 1381. DOI: 10.3390/ani11051381.
18. Abd El-Hack M. E., Alagawany M., Abdel-Moneim A. E. et al. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) Oil as a Potential Alternative to Antibiotics in Poultry // *Antibiotics (Basel)*. 2020. No. 9 (5). Article number 210. DOI: 10.3390/antibiotics9050210.

Authors' information:

Anna S. Krivonogova¹, doctor of biological sciences, associate professor, ORCID 0000-0003-1918-3030, AuthorID 683239; +7 (343) 371-33-63, tel-89826512934@yandex.ru

Albina G. Isaeva¹, doctor of biological sciences, associate professor, professor of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-8395-1247, AuthorID 665717; +7 (343) 371-33-63, isaeva.05@bk.ru

Irina M. Donnik¹, academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of biological sciences, professor, head of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-8349-3004, AuthorID 313786; +7 (343) 371-33-63, ktqrjp7@yandex.ru

Egor A. Loginov¹, postgraduate student in the faculty of veterinary medicine, ORCID 0009-0007-0810-8365, AuthorID 1164024; +7 (343) 371-33-63, loginov.ea19@gmail.com

Kseniya V. Moiseeva¹, lecturer of department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0002-9858-1880, AuthorID 779572; +7 (343) 371-33-63, moiseeva456@yandex.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Параметры засухоустойчивости некоторых представителей рода *Tilia* L. при интродукции и в городских насаждениях

Ф. К. Мурзабулатова¹, Н. В. Полякова¹✉

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

✉ E-mail: barhan93@yandex.ru

Аннотация. Засухоустойчивость растений является одним из важных факторов успешного культивирования новых таксонов в определенных климатических условиях. Липа – ценное декоративное, медоносное и лекарственное древесное растение, часто используемое для озеленения населенных пунктов. **Цель** – определение показателей засухоустойчивости некоторых видов и сортов лип из коллекции ЮУБСИ в условиях интродукции и городской среды. **Методы.** Объектами исследований являлись 3 вида, 1 культивар и 1 форма лип коллекции (*Tilia cordata* Mill., *T. caucasica* Rupr., *T. × europaea* L. f. *vitifolia* (Host) V. Engl., *T. platyphyllos* Scop. ‘Aurea’, *T. taquetii* C. K. Schneid.), а также экземпляры *Tilia cordata* из городских насаждений г. Уфы. Общую оводненность, водоудерживающую способность и количество подвижной влаги в листьях определяли по общепринятым методикам. **Результаты.** Определены показатели засухоустойчивости видов и культиваров липы в условиях интродукции и городской среды. Установлено, что большинство изученных таксонов достаточно засухоустойчивы в климатических условиях г. Уфа. Максимальные показатели оводненности и водоудерживающей способности, а также минимальное количество подвижной влаги оказались у сорта *T. platyphyllos* ‘Aurea’ из коллекции ЮУБСИ (70,1 %, 30,7 %, 39,4 % соответственно). Подтверждено, что *T. cordata* из городского озеленения хорошо переносит техногенные нагрузки; некоторые показатели засухоустойчивости у данного вида выше, чем в ботаническом саду. Наименее засухоустойчивым из всех изученных таксонов оказалась *T. taquetii*, что связано, вероятно, с резкими различиями климатических условий естественного происхождения вида от условий интродукции. **Научная новизна.** Впервые для г. Уфы проведены сравнительные исследования засухоустойчивости некоторых представителей рода *Tilia* в условиях интродукции и городской среды.

Ключевые слова: *Tilia*, засухоустойчивость, оводненность, водоудерживающая способность, подвижная влага, Уфа.

Для цитирования: Мурзабулатова Ф. К., Полякова Н. В. Параметры засухоустойчивости некоторых представителей рода *Tilia* L. при интродукции и в городских насаждениях // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 72–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-72-82.

Дата поступления статьи: 02.02.2023, **дата рецензирования:** 17.02.2023, **дата принятия:** 02.03.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Процесс подбора древесных растений для городского озеленения тесно связан с активным ростом спроса на новые виды и сорта. Он включает в себя не только декоративную оценку конкретного вида, но и его эколого-биологическую характеристику, в том числе адаптивность к внешним условиям региона. Это является важной предпосылкой успешного возделывания декоративных культур в новых климатических условиях. Одним из лимитирующих факторов является недостаточное количество влаги в летний период [15]. Для растений, использующихся в городском озеленении, засухоустойчивость

имеет особое значение, поскольку режим полива в таких условиях часто ограничен.

Представители рода липа (*Tilia* L.) наиболее широко распространены в северном полушарии и представляют собой лесообразующие породы; род включает в себя около 45 видов [5]. Впервые упоминания о липе как о предмете изучения встречаются в работах Феофраста (ок. 372 г. до н. э.). Существует мнение, что греческое название липы (*Tilia*) обозначало «дерево, любимое пчелами» или «дерево, привлекающее пчелиные рои». Корень ботанического названия липы (*Tilia*) – греческое слово *ptilon* («крыло», по крыловидному прицветнику). В лесах

Республики Башкортостан преобладает липа мелколистная (*T. cordata* Mill.) [9]. Липа является ценным медоносом: с 1 га насаждений получают до 1000 кг высококачественного меда [3; 8]. Кроме того, липа обладает лекарственными свойствами и служит сырьем для деревообрабатывающей промышленности. Широко используются некоторые виды и декоративные формы липы в ландшафтной архитектуре. Крона у липы тенистая, с густыми ветвями, ажурными листьями, ароматными цветками, она легко разрастается после механических повреждений, поэтому выносит любую стрижку [20]. Наличие липы в насаждениях улучшает общую продуктивность и устойчивость всего биоценоза, поскольку улучшает свойства верхнего горизонта почв за счет быстрого разложения опада. Листья липы содержат около 9–10 % золы, 1,3 % калия и 1,94 % азота [15]. В последние годы новые таксоны липы стали больше интродуцировать из других регионов для целей озеленения [13; 19]. Однако новые климатические условия, а также выращивание в городской среде создают стрессовую ситуацию для растений, что отражается на их декоративных и других качествах.

В Южно-Уральском ботаническом саду-институте Уфимского федерального исследовательского центра РАН (ЮУБСИ УФИЦ РАН) разные виды и формы липы культивируются с 1980-х гг., планомерные интродукционные исследования за этими таксонами начаты в начале 2000-х гг. [11]. Кроме того, липа всегда считалась визитной карточкой Уфы, и в озеленении города доля липы довольно высока.

Цель наших исследований – определение показателей засухоустойчивости некоторых видов и со-

ртов лип из коллекции ЮУБСИ в условиях интродукции и городской среды.

Методология и методы исследования (Methods)

Работу проводили в течение вегетационного периода 2022 г. на базе коллекций ЮУБСИ. Объектами исследований являлись 3 вида, 1 культивар и 1 форма лип коллекции (таблица 1), а также экземпляры липы мелколистной из городских насаждений г. Уфы. Виды выращены из семян, полученных по Международной программе обмена растительным материалом между ботаническими садами; некоторые таксоны поступили в коллекцию саженцами.

Климат Республики Башкортостан, в пределах которого находится Южно-Уральский ботанический сад, континентальный, с длительной зимой и жарким летом. Длительность безморозного периода в среднем 144 дня. Наблюдаются частые поздние весенние и ранние осенние заморозки, зимой нередки перепады температур с оттепелями. Средняя температура января – от –12,4 °С до –14,5 °С, минимум зафиксирован на отметке –48,5 °С. Высота снежного покрова в среднем достигает 80 см. В июле средняя температура составляет +19,5 °С, абсолютная максимальная температура зафиксирована на уровне +37,5 °С. Среднегодовое количество осадков – до 590 мм, максимум приходится на июнь – июль. На территории ботанического сада распространены серые лесные почвы, которые образуются на элювиально-делювиальных карбонатных отложениях и характеризуются глинистым и тяжелосуглинистым механическим составом и малым содержанием гумуса [16].

Таблица 1
Происхождение таксонов липы в коллекции ЮУБСИ

Таксон	Получение		Исходный материал
	Место	Дата	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Местная репродукция	1998	Семена
<i>T. caucasica</i> Rupr.	Неизвестно	1980	Саженцы
<i>T. × europaea</i> L. f. <i>vitifolia</i> (Host) V. Engl.	Дендрарий ТСХА, г. Москва	1991	Семена
<i>T. platyphyllos</i> Scop. ‘Aurea’	ГБС, г. Москва	1987	Саженцы
<i>T. taquetii</i> C. K. Schneid.	Приморье, п. Чугуевка	1990	Саженцы

Table 1
Origin of *Tilia* taxa in the botanical garden collection

Taxon	Receipt		Raw material
	Place	Date	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Local reproduction	1998	Seeds
<i>T. caucasica</i> Rupr.	Unknown	1980	Nursery transplant
<i>T. × europaea</i> L. f. <i>vitifolia</i> (Host) V. Engl.	Arboretum of the Timiryazev Agricultural Academy, Moscow	1991	Seeds
<i>T. platyphyllos</i> Scop. ‘Aurea’	Main Botanical Garden, Moscow	1987	Nursery transplant
<i>T. taquetii</i> C. K. Schneid.	Primorye, Chuguevka village	1990	Nursery transplant

Погодно-климатические условия 2022 г. характеризовались пониженной температурой воздуха ($-0,2$ °С к среднемноголетней ($+13,0$ °С)) и недостатком влаги в вегетационный период ($-4,6$ мм). Температура вегетационного периода была выше среднемноголетней ($+0,2$ °С), средняя температура июня составила $+20$ °С, июля $+26$ °С, августа $+27$ °С [1].

Приведем краткую характеристику исследованных таксонов.

Tilia cordata (липа мелколистная) в природе распространена в лесах европейской части России, в Крыму и на Кавказе, в Западной Сибири и на Урале. Деревья высотой до 30 м, диаметром более 2 м, крона компактная, овальная. Листья сердцевидные, длиной до 6 см. Цветки мелкие, желтовато-белые, душистые, до 10 цветков в соцветии. Первые несколько лет культура растет довольно медленно, примерно через 5 лет скорость роста увеличивается. Имеет ценное декоративное свойство – хорошо поддается формировке. В этом случае используют мелколистную липу на штамбе – дерево с пирамидальной кроной, которой можно легко придать любую форму, например, шара или куба. Является одним из лучших медоносов среди лип [20].

Tilia caucasica (липа кавказская) в природных условиях распространена в горных лесах Кавказа, Крыма. Дерево высотой до 35 м, диаметром до 1 м, с округлой или широкояйцевидной кроной диаметром 15–20 м, крупными (длиной до 14 см) широкояйцевидными листьями с пучками беловатых волосков в углах жилок, темно-зелеными сверху, и темно-серыми с синеватым отливом снизу. Молодые побеги липы кавказской имеют пурпурно-красную окраску. Цветки светло-желтые, собраны по 3–7 в соцветия. Кавказская липа растет быстрее мелколистной липы, достигает 40-метровой высоты и доживает до 300-летнего возраста. В зеленом строительстве применяется в аллейных и групповых посадках. Прекрасный медонос [17].

Tilia platyphyllos ‘Aurea’ (липа крупнолистная Aurea) – дерево высотой до 40 м, диаметр ствола – до 1,5 м, крона в молодом возрасте широкопирамидальная, позже – плотная, округлая. Лучше всего такая липа растет на участках с очень питательным перегнойным грунтом. Опушенные листья яйцевидной формы имеют золотисто-желтую окраску, длина их около 14 см. В состав соцветия входит от 2 до 5 поникающих цветков. Применяется в ландшафтном озеленении, прекрасный медонос [2].

Tilia Take (липа Таке) – распространена на Дальнем Востоке и Восточной Азии. Занесена в Красную книгу Амурской области. Дерево высотой до 25 м. Крона овальная, густая, компактная. Кора стволов светло-серая, слабо шелушащаяся. Молодые побеги густо опушены рыжеватыми звездчатыми, частью шестилучевыми волосками, с возрастом

исчезающими. Листья округло-яйцевидные, плотные, сверху голые с бородками рыжих волосков в углах жилок, снизу – сизоватые, 3,5–7,0 см длиной и 2,5–6,0 см шириной, на верхушке резко заостренные, в основании сердцевидные, реже – усеченные, пильчато-зубчатые. Черешки листьев 2–4 см длиной, густо рыже опушенные. Цветки палевые, почти белые, 10–12 мм в диаметре, в 3–5-цветковых соцветиях. Прицветный лист 3–5 см длиной, не достигающий до основания цветоноса на 1–2 см. Плоды шаровидные, слаборебристые, опушенные, около 5 мм в диаметре. Хороший медонос, мед липы Таке в отличие от меда липы мелколистной не имеет горечи [6].

Tilia × *europaea* f. *vitifolia* (липа европейская ф. виноградолистная) – дерево высотой до 40 м, крона широко-овальной формы. Таксон гибридного происхождения – *T. cordata* × *T. platyphyllos*. Листья округло-яйцевидные, темно-зеленые, 2–3-вершинные, неравнозубчатые по краю. Цветки желтовато-белые, до 6 шт. в соцветии, повислые, в гроздевидных полузонтниках. Очень зимостойкая и декоративная. В озеленении эффектна в одиночных посадках на открытом газоне. Самое быстрорастущее растение среди лип [2].

Оценку состояния водного режима лип и устойчивость к обезвоживанию проводили в течение вегетационного периода (июнь – август).

Водоудерживающую способность определяли по количеству потерянной влаги листьев по общепринятой методике [12]. Образцами для анализа служили физиологически зрелые листья с однолетних побегов из среднего яруса кроны.

Для определения данного показателя отбирали пробу – 10 листовых пластинок – и взвешивали их. Для обезвоживания листья оставляли сушиться при комнатной температуре. Через 24 часа повторно взвешивали и затем в течение 2 часов при температуре $+110$ °С выдерживали в сушильном шкафу. Основные показатели высчитывали по формулам:

общая оводненность:

$$W = 100(M - M_2) / M;$$

водоудерживающая способность:

$$R = 100((M - M_2) - (M - M_1)) / M = 100(M_1 - M_2) / M;$$

содержание подвижной влаги:

$$L = W - R,$$

где M – масса свежей пробы;

M_1 – масса пробы через сутки;

M_2 – масса сухой пробы.

Для определения степени засухоустойчивости исследованных таксонов использовали модифицированную шкалу [7] (таблица 2).

Кроме того, для максимально полной оценки засухоустойчивости изучаемых видов и сортов липы была проведена визуальная оценка с использованием пятибалльной шкалы засухоустойчивости, разработанной А. Я. Огородниковым [18]:

Таблица 2
Устойчивость водного режима

Параметр	Степень устойчивости		
	Высокая	Средняя	Низкая
Общая оводненность тканей, %	≥ 80	60–79	≤ 59
Водоудерживающая способность, %	≥ 40	31–40	≤ 30
Содержание подвижной влаги, %	20–30	31–45	46–60

Table 2
Water regime sustainability

Parameter	Degree of stability		
	High	Medium	Low
Total water content, %	≥ 80	60–79	≤ 59
Water-retaining ability, %	≥ 40	31–40	≤ 30
Mobile moisture, %	20–30	31–45	46–60

1 балл – растения незасухоустойчивые: под влиянием засухи подавляется рост, засыхают листья и побеги; растения живут только при поливе, но страдают от воздушной засухи и высокой температуры;

2 балла – растения слабозасухоустойчивые: рост слабый, присутствуют ожоги листьев, недоразвитие семян и почек, растения нуждаются в систематическом поливе;

3 балла – растения средnezасухоустойчивые: удовлетворительно развиваются в обычные годы, в засушливые изменяется ритм роста, частично повреждаются листья, требуется периодический полив;

4 балла – растения засухоустойчивые: без повреждений, возможно преждевременное сбрасывание части листьев, хорошо растут без полива;

5 баллов – растения высоко засухоустойчивые: успешно развиваются без полива, в том числе на очень сухих и прогреваемых почвах.

Результаты (Results)

Водный режим растений включает в себя совокупность водообменных процессов, необходимых для жизнедеятельности растения. Наиболее важные параметры водного режима – общая оводненность тканей, водоудерживающая способность и количество подвижной влаги [10].

В течение трех месяцев нами определялись параметры водного режима некоторых таксонов лип в коллекции ЮУБСИ и из городской среды (таблица 3).

Высокая оводненность тканей (общее содержание воды) свидетельствует о повышенной способности растений адаптироваться к меняющимся условиям водоснабжения; такие растения более засухоустойчивы. Оводненность тканей растений выражают в процентах на общую сырую массу. Характеристика общей оводненности листьев исследованных таксонов липы (таблица 3, рис. 1) показывает, что за вегетационный период наибольший показатель общей оводненности отмечается у экземпляров *T. cordata* из городского озеленения и *T. platyphyllos* 'Aurea' (69,6 % и 70,1 % соответствен-

но), наименьший – у *T. cordata* в Ботаническом саду и *T. taquetii* (60,8 % и 60,9 %). Остальные изученные таксоны имеют средние значения по данному показателю. *T. cordata* обладает высокой экологической приспособленностью и хорошей адаптированностью к условиям континентального климата республики, поэтому данный вид использовался нами как контрольный образец по всем показателям засухоустойчивости. Ранее водный режим липы мелколистной изучался в условиях нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра [14], в процессе исследования установлена высокая оводненность тканей данного вида даже в условиях техногенной среды (86–88 %).

В июне общая оводненность лип колеблется от 63,2 % до 72,5 %, наименьшая оводненность листьев – у *T. taquetii* (63,2 %), а наибольшая – у *T. cordata* из городской среды – 72,5 %, близкий результат получен у *T. platyphyllos* 'Aurea' – 71,9 %. В среднем в июне общая оводненность листьев лип составляет 68,7 % (таблица 3).

В июле во время массового цветения лип наблюдается уменьшение оводненности тканей листьев в среднем на 3,2 %. Наименьший результат отмечен также у *T. taquetii* (60,7 %), почти такой же показатель у *T. cordata* (61,8 %) из ботанического сада, а наибольший – у *T. platyphyllos* 'Aurea' и *T. cordata* из городской среды (69,2 % и 69,8 % соответственно).

В августе показатели общей оводненности снижаются: самый низкий показатель у *T. cordata* (54,8 %) из коллекции ботанического сада, высокий – у *T. platyphyllos* 'Aurea' (69,4 %) также из коллекции. У *T. cordata* из городского озеленения общая оводненность в августе ненамного уступает показателям таксонов, находящихся в более комфортных условиях (66,5 %). По данным других исследователей [14], в техногенных и подобных им условиях содержание воды в листьях выше, чем в контроле, что является защитной реакцией растений на стрессовые ситуации.

Таблица 3

Характеристика водного режима листьев некоторых таксонов липы в условиях интродукции и городской среды

Биология и биотехнологии

Таксон	Месяц	Показатели водного режима, %		
		Общая оводненность	Водоудерживающая способность	Подвижная влага
<i>Tilia cordata</i> (городские условия)	Июнь	72,5	35,0	37,5
	Июль	69,8	26,1	43,7
	Август	66,5	21,1	45,4
	Среднее	69,6 ± 1,73	27,4 ± 4,06	42,2 ± 24,40
<i>T. cordata</i> (ЮУБСИ)	Июнь	65,9	31,9	34,0
	Июль	61,8	5,5	56,3
	Август	54,8	3,7	51,1
	Среднее	60,8 ± 3,24	13,7 ± 9,14	47,1 ± 6,73
<i>T. caucasica</i>	Июнь	67,6	22,4	45,2
	Июль	66,5	9,0	57,5
	Август	63,4	15,9	47,5
	Среднее	65,8 ± 1,26	15,7 ± 3,86	50,1 ± 3,77
<i>T. platyphyllos</i> 'Aurea'	Июнь	71,9	40,1	31,8
	Июль	69,2	25,9	43,3
	Август	69,4	26,3	43,1
	Среднее	70,1 ± 0,86	30,7 ± 4,66	39,4 ± 3,80
<i>T. × europaea f.</i> <i>vitifolia</i>	Июнь	71,0	39,2	31,8
	Июль	65,5	10,2	55,3
	Август	65,5	18,3	47,2
	Среднее	67,3 ± 1,83	22,5 ± 8,63	44,7 ± 6,89
<i>T. taquetii</i>	Июнь	63,2	21,0	42,2
	Июль	60,7	6,5	54,2
	Август	58,9	4,5	54,4
	Среднее	60,9 ± 1,24	10,6 ± 5,19	50,2 ± 4,03

Table 3

Characteristics of the water regime of the leaves of some linden taxa under the conditions of introduction and the urban environment

Taxon	Month	Water regime indicators, %		
		Total water content	Water-retaining ability	Mobile moisture
<i>Tilia cordata</i> (urban environment)	June	72.5	35.0	37.5
	July	69.8	26.1	43.7
	August	66.5	21.1	45.4
	Average	69.6 ± 1.73	27.4 ± 4.06	42.2 ± 24.40
<i>T. cordata</i> (Botanical Garden)	June	65.9	31.9	34.0
	July	61.8	5.5	56.3
	August	54.8	3.7	51.1
	Average	60.8 ± 3.24	13.7 ± 9.14	47.1 ± 6.73
<i>T. caucasica</i>	June	67.6	22.4	45.2
	July	66.5	9.0	57.5
	August	63.4	15.9	47.5
	Average	65.8 ± 1.26	15.7 ± 3.86	50.1 ± 3.77
<i>T. platyphyllos</i> 'Aurea'	June	71.9	40.1	31.8
	July	69.2	25.9	43.3
	August	69.4	26.3	43.1
	Average	70.1 ± 0.86	30.7 ± 4.66	39.4 ± 3.80
<i>T. × europaea f.</i> <i>vitifolia</i>	June	71.0	39.2	31.8
	July	65.5	10.2	55.3
	August	65.5	18.3	47.2
	Average	67.3 ± 1.83	22.5 ± 8.63	44.7 ± 6.89
<i>T. taquetii</i>	June	63.2	21.0	42.2
	July	60.7	6.5	54.2
	August	58.9	4.5	54.4
	Average	60.9 ± 1.24	10.6 ± 5.19	50.2 ± 4.03

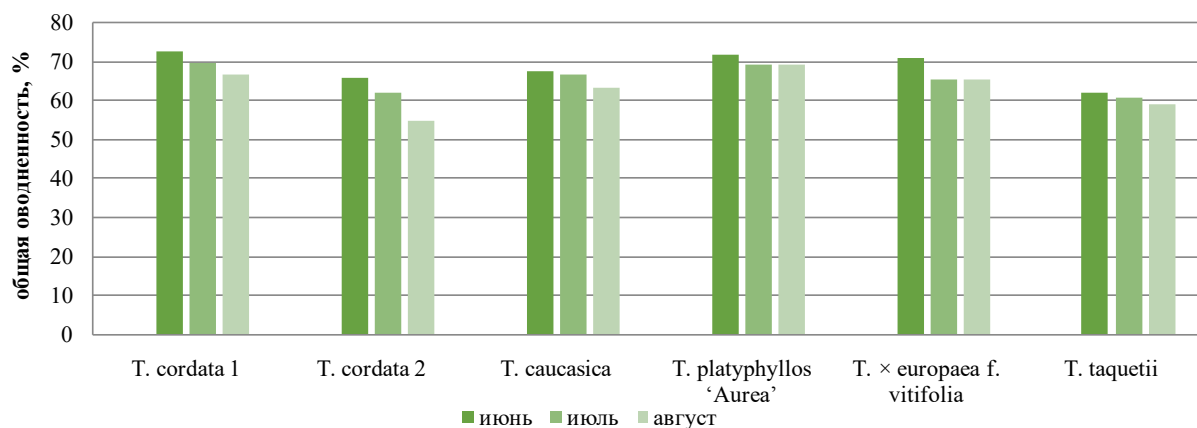


Рис. 1. Общая оводненность листьев исследованных таксонов *Tilia*:
T. cordata 1 – городские условия, *T. cordata* 2 – ботанический сад

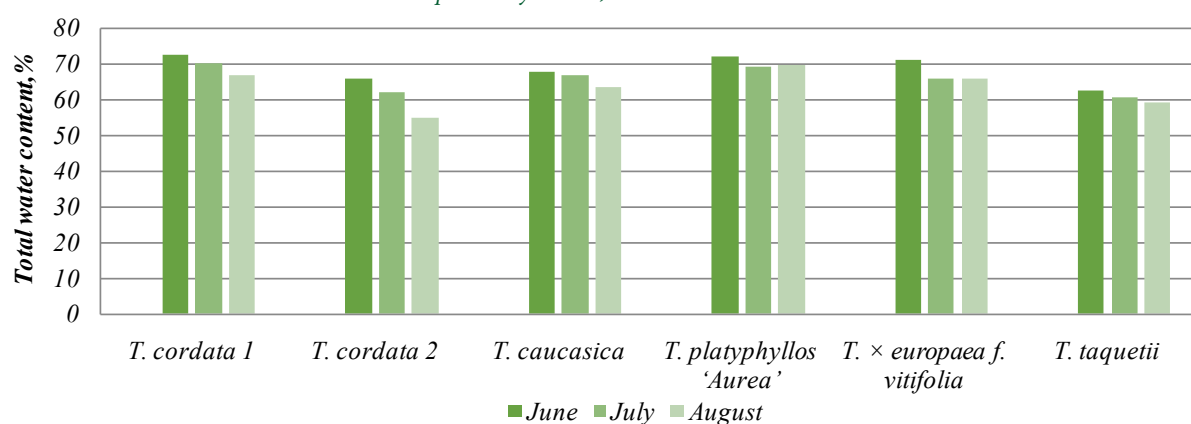


Fig. 1. The total water content of the leaves of the studied taxa *Tilia*:
T. cordata 1 – urban conditions, *T. cordata* 2 – botanical garden

У *Tilia x europaea* f. *vitifolia* показатель общей оводненности листьев в течение двух месяцев (июль – август) остается стабильным – 65,5 %. Средний показатель общей оводненности лип в августе составляет 63,0 %, что на 2,5 % ниже, чем в июле.

Водоудерживающая способность – это основное свойство растений накапливать и удерживать влагу в тканях относительно продолжительное время; чем медленнее растение теряет воду, тем выше его водоудерживающая способность [4].

В июне самые низкие значения водоудерживающей способности у *T. taquetii* и *T. caucasica* (21,0 % и 22,4 % соответственно), а также у *T. cordata* (31,9 %) в коллекции ботанического сада (рис. 2). У последнего вида фиксируется снижение по сравнению с июнем на 26 % и в августе – на 27,8 %. Похожая характеристика изучаемого показателя у *T. taquetii*: в июле он снижается на 14,5 %, в августе еще на 2,0 %. У *T. caucasica* в июле по сравнению с июнем наблюдается понижение водоудерживающей способности на 13,4 %, в августе – на 6,9 % повышение этого показателя. Такой же результат отмечается и у *T. x europaea* f. *vitifolia*: в июле по

сравнению с июнем снижение на 29,0 %, а в августе – повышение на 8,1 % по сравнению с июлем. У липы из городской среды водоудерживающая способность понижается постепенно на 8,9 % в июле и еще на 5,0 % в августе.

Очевидно, что показатели водоудерживающей способности тесно связаны с уровнем оводненности клеток и тканей; эти два показателя засухоустойчивости компенсируют друг друга.

Для получения полной характеристики водного режима листовых пластинок изучаемых таксонов лип определяли количество «подвижной влаги» – еще один показатель засухоустойчивости растений в конкретных условиях (рис. 3). Это влага, использованная растением на транспирацию; чем выше содержание подвижной влаги, тем ниже засухоустойчивость у растений.

Невысокие средние показатели подвижной влаги установлены у *T. platyphyllos* 'Aurea', *T. cordata* (городская среда) и *T. x europaea* f. *vitifolia*. Одинаково высокие средние показатели подвижной влаги *T. caucasica* и *T. taquetii*, свидетельствующие о низкой засухоустойчивости этих таксонов.

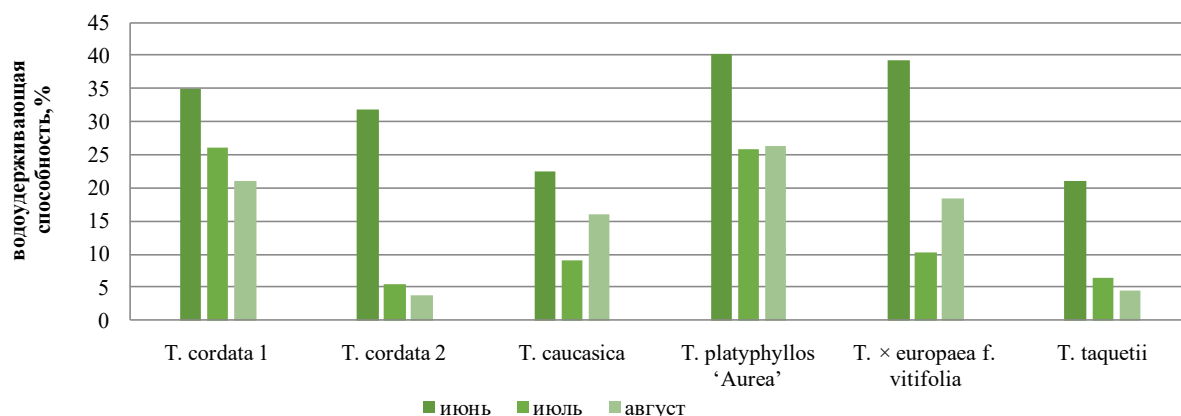


Рис. 2. Водоудерживающая способность таксонов Tilia: T. cordata 1 – городские условия, T. cordata 2 – ботанический сад

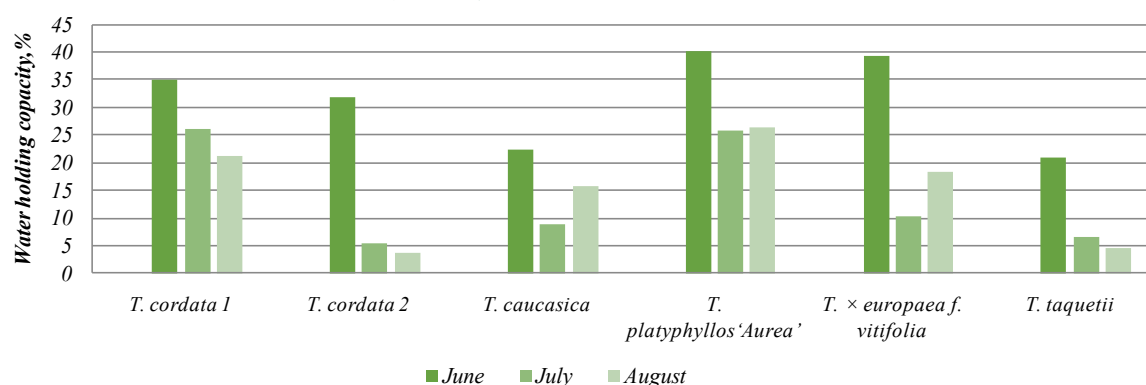


Fig.2. Water holding capacity of Tilia taxa: T. cordata 1 – urban conditions, T. cordata 2 – botanical garden

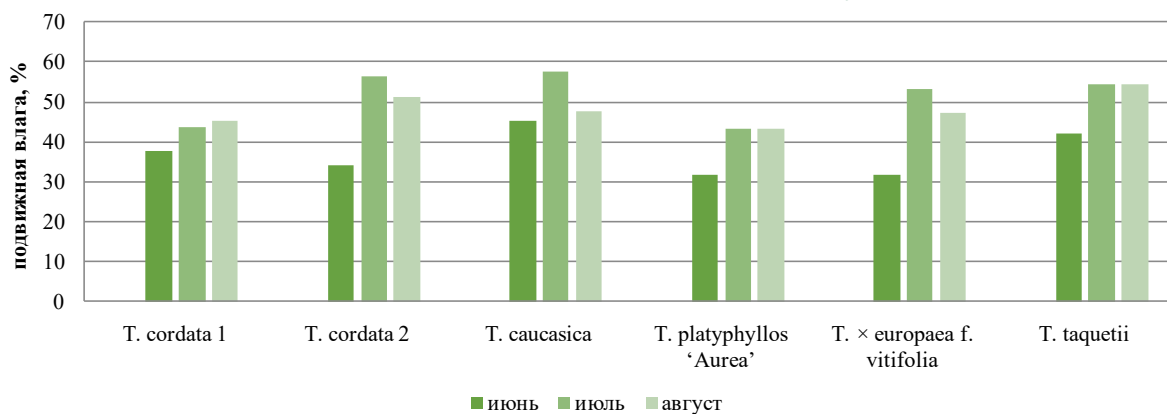


Рис. 3. Количество подвижной влаги в листьях таксонов Tilia: T. cordata 1 – городские условия, T. cordata 2 – ботанический сад

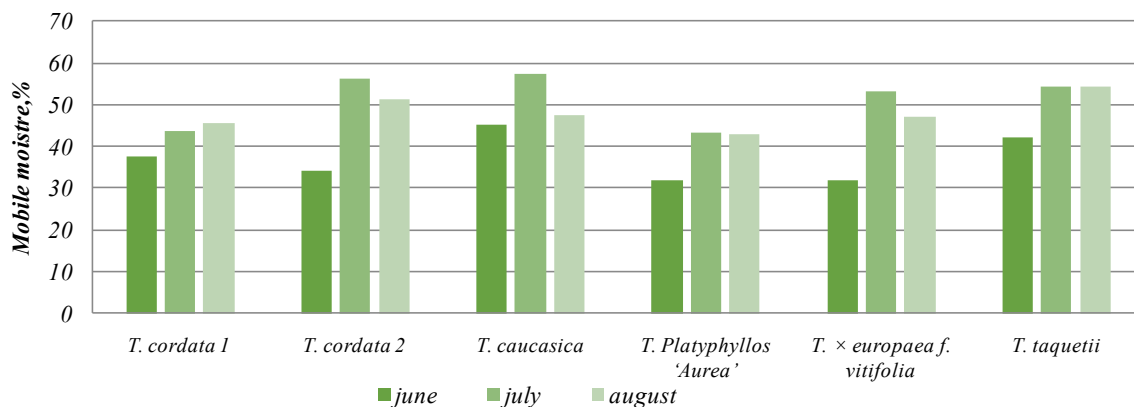


Fig. 3. The amount of mobile moisture in the leaves of Tilia taxa: T. cordata 1 – urban conditions, T. cordata 2 – botanical garden

По результатам наших исследований была установлена степень засухоустойчивости исследованных таксонов липы. Абсолютно засухоустойчивых таксонов, у которых все три параметра были бы с высокой степенью, нет. По показателям общей оводненности все изученные таксоны являются среднеустойчивыми (таблицы 2 и 3). Водоудерживающая способность тканей листьев большинства таксонов свидетельствует о низкой степени устойчивости: этот показатель у них составляет меньше 30 %, и только у *T. platyphyllos* 'Aurea' он достигает в среднем 31 %. Содержание подвижной влаги, используемой для транспирации, также соответствует низкой степени засухоустойчивости: у большинства таксонов оно довольно велико, за исключением *T. platyphyllos* 'Aurea' (таблицы 2 и 3). Сравнительно невысокие показатели степени засухоустойчивости таксонов липы, полученные нами в ходе исследований, можно связать с типом почв, распространенных в Уфе и ботаническом саду в частности. По литературным данным, засухоустойчивые свойства липы в лучшей степени проявляются на богатых гумусом, плодородных почвах [14]. В Уфе почвы серые лесные тяжелосуглинистые с малым содержанием гумуса [16].

Визуальная оценка засухоустойчивости изученных видов и сортов липы в условиях ботанического сада и городской среды позволила разделить данные таксоны на три группы. Высокозасухоустойчивыми (5 баллов) можно считать *T. platyphyllos* 'Aurea' из коллекции ЮУБСИ и *T. cordata* из городской среды; эти таксоны демонстрируют хорошее жизненное состояние без полива даже в самые жаркие месяцы вегетационного сезона. Засухоустой-

чивыми (4 балла) зарекомендовали себя 3 таксона: *T. cordata* (ЮУБСИ), *T. caucasica* и *T. × europaea* f. *vitifolia*; в засушливый период они могут успешно расти без полива, но иногда преждевременно сбрасывать часть листьев. Среднезасухоустойчивым (3 балла) можно назвать один таксон – *T. taquetii*; данный вид имеет удовлетворительное состояние в обычные годы, но в засушливые ему необходим регулярный полив, а также у него могут наблюдаться замедление роста и частичное повреждение листьев; вероятно, такая реакция на засуху связана с происхождением данного вида – в естественных местообитаниях (Дальний Восток) климат более влажный.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, изучение особенностей водного режима таксонов лип в условиях Южно-Уральского ботанического сада УФИЦ РАН и городского озеленения позволяет сделать вывод о том, что все изученные таксоны, кроме *T. taquetii*, проявляют среднюю степень засухоустойчивости. Наиболее засухоустойчивым оказался сорт *T. platyphyllos* 'Aurea' из коллекции ЮУБСИ. Установлено, что *T. cordata* хорошо адаптируется к условиям городской среды; показатели оводненности тканей и водоудерживающей способности у данного вида из городского озеленения превосходят таковые у лип, культивируемых в ботаническом саду, а по количеству подвижной влаги этот вид немного уступает только *T. platyphyllos* 'Aurea'.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 122033100041-9 ЮУБСИ УФИЦ РАН.

Библиографический список

1. Агроклиматическое районирование Республики Башкортостан [Электронный ресурс] // Башкирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <http://www.meteorb.ru/agrometeorologiya/agroklimaticheskoe-rajonirovanie-respubliki-bashkortostan> (дата обращения: 20.01.2023).
2. Абджунушева Т. Б. Рост и развитие представителей рода Липа (*Tilia* L.) в коллекции НИИ Ботанический сад им. Э. Гареева ННKP // Известия национальной академии наук Киргизской Республики. 2021. № 52. С. 30–32.
3. Бабкина Л. А., Лукьянчиков Д. С., Лукьянчикова О. В. Биогеохимические особенности цветков липы сердцевидной (*T. cordata*) в условиях города // Человек и общество: современные проблемы безопасности: сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Курск, 2018. С. 28–32.
4. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л., Регер Н. С. Водоудерживающая способность растений сортов яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Оренбургского Приуралья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (59). С. 20–25. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-3-20-25.
5. Бойко Т. А., Бердинских С. Ю., Романов А. В. Состояние деревьев рода Липа (*Tilia*) в г. Перми // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2019. № 55. С. 127–130.
6. Веклич Т. Н. Липа Таке – *Tilia taquetii* S. K. Schneid. // Красная книга Амурской области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2020. С. 394–395.
7. Денисова С. Г., Реут А. А. Параметры водного режима хризантем // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2 (26). С. 74–88.

8. Мадебейкин И. Н, Мадебейкин И. И. Значение возрастных биолого-экологических особенностей липовых деревьев разного вида для пчел // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН. 2020. № 15. С. 64–69.
9. Маннапов А. Г., Мустафин Р. Ф., Хисамов Р. Р., Фархутдинов Р. Г., Габидуллина Г. Ф., Султанов И. Ф., Дихин Д. Р. Изучение состояния и кадастровая оценка естественных медоносных ресурсов северной лесостепной зоны Республики Башкортостан // Естественные и технические науки. 2021. № 9 (160). С. 53–58. DOI: 10.25633/ETN.2021.09.04.
10. Ментей В. В., Карпухин М. Ю. Адаптация древесных растений к особенностям водного режима // Ландшафтный дизайн и декоративное садоводство: сборник тезисов научно-практического круглого стола. Екатеринбург: Уральский ГАУ. 2020. С. 4–5.
11. Мурзабулатова Ф. К., Полякова Н. В., Шигапов З. Х. Древесные медоносы для создания участка длительного цветения в условиях Башкирского Предуралья // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3 (31). С. 137–147.
12. Мурзабулатова Ф. К., Полякова Н. В. Параметры засухоустойчивости древовидных гортензий на Южном Урале (г. Уфа) // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6 (183). С. 18–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-18-23.
13. Попова В. Т., Дорофеева В. Д., Чекменева Ю. В., Попова А. А., Шипицина В. А. Видовой состав дендрофлоры и состояние интродуцентов парка Победы г. Воронежа // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 2 (34). С. 74–89. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/9.
14. Сейдафаров Р. А. Динамика водного режима 2013. листьев липы мелколистной в техногенных условиях // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Биология. Вып. 2. С. 23–29.
15. Семенютина В. А., Беляев А. И., Свинцов И. П. Анализ содержания биологических пигментов в листьях древесных растений при стрессовых воздействиях // Успехи современного естествознания. 2020. № 7. С. 43–48. DOI: 10.17513/use.37430.
16. Справочник по климату Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. URL: <http://elib.bashedu.ru> (дата обращения: 27.01.2023).
17. Тания И. В., Шевчук О. М., Лейба Л. О. Редкие виды лекарственных растений Рицинского реликтового национального парка (Республика Абхазия) // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021. № 1 (158). С. 38–51. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-1-158-38-51.
18. Федоринова О. И., Козловский Б. Л., Куропятников М. В. Засухоустойчивость видов рода *Acer* L. коллекции Ботанического сада ЮФУ в экстремальный по засухе 2020 год [Электронный ресурс] // Живые и биокосные системы. 2021. № 36. DOI: 10.18522/2308-9709-2021-36-4. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-36/article-4> (дата обращения: 20.01.2023).
19. Фирсов Г. А. Коллекция деревьев и кустарников Ботанического сада Петра Великого БИН РАН до и после Великой Отечественной войны // Растительные ресурсы. 2021. Т. 57. № 3. С. 283–288. DOI: 10.31857/S0033994621030043.
20. Sultanova R., Martynova M., Konashova S., Khanova E., Yanbaeva V. Cutting practices in mature stands of *Tilia cordata* Mill. // Central European Forestry Journal. 2020. Vol. 66. No. 1. Pp. 151–158. DOI: 10.2478/forj-2020-0005.

Об авторах:

Фануза Кавиевна Мурзабулатова¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-8024-9863, AuthorID 721223; +7 987 057-12-58, murzabulatova@yandex.ru
 Наталья Викторовна Полякова¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3717-0308, AuthorID 248537; +7 927 322-20-28, barhan93@yandex.ru

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

Drought resistance parameters of some representatives of the genus *Tilia* L. during introduction and in urban plantations

F. K. Murzabulatova¹, N. V. Polyakova¹✉

¹ South Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: barhan93@yandex.ru

Abstract. Drought resistance of plants is the key to successful cultivation of new taxa under climatic conditions. Linden is a valuable ornamental, melliferous and medicinal woody plant, often used for landscaping certain areas. **The purpose** is the determination of indicators of drought resistance of some species and varieties of lindens from the collection of the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences in the conditions of introduction and urban environment. **Methods.** The objects of research were 3 species, 1 cultivar and 1 form of the linden collection (*Tilia cordata* Mill., *T. caucasica* Rupr., *T. × europaea* L. f. *vitifolia* (Host) V. Engl., *T. platyphyllos* Scop. ‘Aurea’, *T. taquetii* C. K. Schneid.), as well as specimens of *Tilia cordata* from urban plantations in Ufa. The total water content, water-holding capacity and the amount of mobile moisture in the leaves are found according to generally accepted methods. **Results.** The indicators of drought resistance of linden species and cultivars under the conditions of introduction and the urban environment have been determined. It has been established that almost all taxa are sufficiently drought-resistant in the climatic conditions of Ufa. The maximum indicators of water content and water-holding capacity, as well as the minimum amount of mobile moisture, were found in the variety *T. platyphyllos* ‘Aurea’ from the collection of the botanical garden (70.2 %, 30.7 %, 39.4 %, respectively). It has been confirmed that *T. cordata* from urban greenery tolerates technogenic loads well; some indicators of drought resistance of this species are higher than in the botanical garden. *T. taquetii* turned out to be the least drought-resistant of all the taxa studied, which is probably due to sharp differences in the climatic conditions of natural origin from the conditions of introduction. **Scientific novelty.** For the first time for the city of Ufa, comparative studies of the drought resistance of some representatives of the genus *Tilia* under the conditions of introduction and the urban environment were carried out.

Keywords: *Tilia*, drought resistance, water content, water-holding capacity, mobile moisture, Ufa.

For citation: Murzabulatova F. K., Polyakova N. V. Parametry zasukhoustoychivosti nekotorykh predstaviteley roda *Tilia* L. pri introduktsii i v gorodskikh nasazhdeniyakh [Drought resistance parameters of some representatives of the genus *Tilia* L. during introduction and in urban plantations] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 72–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-72-82. (In Russian.)

Date of paper submission: 02.02.2023, **date of review:** 17.02.2023, **date of acceptance:** 02.03.2023.

References

1. Agroklimaticheskoe rayonirovanie Respubliki Bashkortostan [Agro-climatic zoning of the Republic of Bashkortostan [e-resource] // Bashkirskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy. URL: <http://www.meteor.ru/agrometeorologiya/> agroklimaticheskoe-rayonirovanie-respubliki-bashkortostan (date of reference: 20.01.2023). (In Russian.)
2. Abdzhunusheva T. B. Rost i razvitie predstaviteley roda Lipa (*Tilia* L.) v kollektzii NII Botanicheskoy sad im. E. Gareeva NNKR [The growth and development of representatives of the genus Linden (*Tilia* L.) in the collection of the Research Institute Botanical Garden. E. Gareeva NNKR] // Izvestiya natsional'noy akademii nauk Kirgizskoy Respubliki. 2021. No. 52. Pp. 30–32. (In Russian.)
3. Babkina L. A., Luk'yanchikov D. S., Luk'yanchikova O. V. Biogeokhimicheskie osobennosti tsvetkov lipy serdtsevidnoy (*T. cordata*) v usloviyakh goroda [Biogeochemical features of the flowers of the heart-shaped linden (*T. cordata*) in the conditions of the city] // Chelovek i obshchestvo: sovremennyye problemy bezopasnosti: sbornik nauchnykh statey po materialam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Kursk, 2018. Pp. 28–32. (In Russian.)
4. Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S. Vodouderzhivayushchaya sposobnost' rasteniy sortov yarovoy myagkoy pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh Orenburgskogo Priural'ya [Water-holding capacity of plants of varieties of spring soft wheat in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals] // Vestnik Ul'yanskovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2022. No. 3 (59). Pp. 20–25. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-3-20-25. (In Russian.)
5. Boyko T. A., Berdinskikh S. Yu., Romanov A. V. Sostoyaniye derev'ev roda Lipa (*Tilia*) v g. Permi [Condition of trees of the genus Linden (*Tilia*) in Perm] // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2019. No. 55. Pp. 127–130. (In Russian.)
6. Veklich T. N. Lipa Take – *Tilia taquetii* S. K. Schneid [Linden Take – *Tilia taquetii* S. K.] // Krasnaya kniga Amurskoy oblasti: Krasnaya kniga Amurskoy oblasti: redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoventiya vidy zhivotnykh, rasteniy i gribov. Ofitsial'noe izdanie. Blagoveshchensk, 2020. Pp. 394–395. (In Russian.)
7. Denisova S. G., Reut A. A. Parametry vodnogo rezhima khrizantem [Parameters of the water regime of chrysanthemums] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 2 (26). Pp. 74–88. (In Russian.)
8. Madebeykin I. N., Madebeykin I. I. Znachenie vozrastnykh biologo-ekologicheskikh osobennostey lipovykh derev'v raznogo vida dlya pchel [Significance of age-related biological and ecological characteristics of lime

- trees of different species for bees] // Nauchnye trudy Cheboksarskogo filiala Glavnogo botanicheskogo sada im. N. V. Tsitsina RAN. 2020. No. 15. Pp. 64–69. (In Russian.)
9. Mannapov A. G., Mustafin R. F., Khisamov R. R., Farkhutdinov R. G., Gabidullina G. F., Sultanov I. F., Dikhin D. R. Izuchenie sostoyaniya i kadastrrovaya otsenka estestvennykh medonosnykh resursov severnoy lesostepnoy zony Respubliki Bashkortostan [Study of the state and cadastral assessment of natural honey resources of the northern forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan] // Natural and technical sciences. 2021. No. 9 (160). Pp. 53–58. DOI: 10.25633/ETN.2021.09.04. (In Russian.)
10. Mentey V. V., Karpukhin M. Yu. Adaptatsiya drevesnykh rasteniy k osobennostyam vodnogo rezhima [Adaptation of woody plants to the peculiarities of the water regime] // Landshaftnyy dizayn i dekorativnoe sadovodstvo: sbornik tezisev nauchno-prakticheskogo kruglogo stola. Ekaterinburg: Ural'skiy GAU, 2020. Pp. 4–5. (In Russian.)
11. Murzabulatova F. K., Polyakova N. V., Shigapov Z. Kh. Drevesnye medonosy dlya sozdaniya uchastka dlitel'nogo tsveteniya v usloviyakh Bashkirskogo Predural'ya [Woody honey plants for creating a long-term flowering site in the conditions of the Bashkir Cis-Urals] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 3 (31). Pp. 137–147. (In Russian.)
12. Murzabulatova F. K., Polyakova N. V. Parametry zasukhoustoychivosti drevovidnykh gortenziy na Yuzhnom Urale (g. Ufa) [Drought resistance parameters of tree hydrangeas in the Southern Urals (Ufa)] // Vestnik KrasGAU. 2022. No. 6 (183). Pp. 18–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-18-23. (In Russian.)
13. Popova V. T., Dorofeeva V. D., Chekmeneva Yu. V., Popova A. A., Shipitsina V. A. Vidovoy sostav dendroflory i sostoyanie introdutsentov parka Pobedy g. Voronezha [Species composition of dendroflora and the state of introduced species of the Pobeda Park in Voronezh] // Forestry Engineering Journal. 2019. Vol. 9. No. 2 (34). Pp. 74–89. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/9. (In Russian.)
14. Seydafaarov R. A. Dinamika vodnogo rezhima list'ev lipy melkolistnoy v tekhnogennykh usloviyakh [Dynamics of the water regime of small-leaved linden leaves under technogenic conditions] // Vestnik of Saint Petersburg University. Series 3. Biology. 2013. Vol. 2. Pp. 23–29. (In Russian.)
15. Semenyutina V. A., Belyaev A. I., Svintsov I. P. Analiz sodержaniya biologicheskikh pigmentov v list'yakh drevesnykh rasteniy pri stressovykh vozdeystviyakh [Analysis of the content of biological pigments in the leaves of woody plants under stress] // Advances in current natural sciences. 2020. No. 7. Pp. 43–48. DOI: 10.17513/use.37430. (In Russian.)
16. Spravochnik po klimatu Respubliki Bashkortostan [Reference book on the climate of the Republic of Bashkortostan] [e-resource]. URL: <http://elib.bashedu.ru> (date of reference: 27.01.2023). (In Russian.)
17. Taniya I. V., Shevchuk O. M., Leyba L. O. Redkie vidy lekarstvennykh rasteniy Ritsinskogo reliktovoogo natsional'nogo parka (Respublika Abkhaziya) [Rare species of medicinal plants of the Ritsa Relic National Park (Republic of Abkhazia)] // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2021. No. 1 (158). Pp. 38–51. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-1-158-38-51. (In Russian.)
18. Fedorinova O. I., Kozlovskiy B. L., Kuropyatnikov M. V. Zasukhoustoychivost' vidov roda Acer L. kollektzii Botanicheskogo sada YuFU v ekstremal'nyy po zasukhe 2020 god [Drought resistance of species of the genus Acer L. from the collection of the SFedU Botanical Garden in the extreme drought year 2020] [e-resource] // Live and bio-abiotic systems. 2021. No. 36. DOI: 10.18522/2308-9709-2021-36-4. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-36/article-4> (date of reference: 20.01.2023). (In Russian.)
19. Firsov G. A. Kolleksiya derev'ev i kustarnikov Botanicheskogo sada Petra Velikogo BIN RAN do i posle Velikoy Otechestvennoy voyny [Collection of trees and shrubs of the Peter the Great Botanical Garden BIN RAS before and after the Great Patriotic War] // Rastitelnye resursy. 2021. Vol. 57. No. 3. Pp. 283–288. DOI: 10.31857/S0033994621030043. (In Russian.)
20. Sultanova R., Martynova M., Konashova S., Khanova E., Yanbaeva V. Cutting practices in mature stands of *Tilia cordata* Mill. // Central European Forestry Journal. 2020. Vol. 66. No. 1. Pp. 151–158. DOI: 10.2478/forj-2020-0005.

Authors' information:

Fanuzha K. Murzabulatova¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0002-8024-9863, AuthorID 721223; +7 937 158-80-64, murzabula-tova@yandex.ru

Natalya V. Polyakova¹, candidate of biological sciences, leading researcher of, ORCID 0000-0002-3717-0308, AuthorID 248537; +7 927 322-20-28, barhan93@yandex.ru

¹ South Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Генотипический скрининг устойчивости зернобобовых культур к воздействию тяжелых металлов на основании нейронного профилирования экссудации их аминокислот

Я. В. Пухальский¹✉, Н. И. Воробьев¹, С. И. Лоскутов², Ю. В. Лактионов¹

¹ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

² ВНИИПД – филиал ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

✉ E-mail: puhalskyan@gmail.com

Аннотация. Целью статьи являлась оценка изменения уровня структурной организации аминокислотного профиля корневых экзометаболитов различных по устойчивости генотипов гороха посевного под влиянием металл-индуцированного стресса. **Методология и методы исследования.** Растения выращивали в стерильных регулируемых условиях (климатической камере) при добавлении в питательную среду токсичных концентраций, кадмия, кобальта, цинка или ртути. Объектами для исследования послужили Cd-чувствительный генотип гороха посевного SGE, а также созданный на его основе уникальный Cd-устойчивый мутант SGECdt. **Результаты.** Установлено, что все солевые растворы металлов оказывают ингибирующее влияние на показатели роста растений. При этом, как и ожидалось, добавление в среду кадмия и кобальта в большей мере отразилось на снижении показателей биомассы дикой линии, чем мутантного генотипа. Последний больше реагировал на интродукцию в среду токсичной ртути. Что касается цинка, то здесь ингибирование биомассы обоих органов у двух генотипов было равноценным. Добавление в среду всех токсикантов привело к увеличению выхода суммарного всех аминокислот. У мутанта SGECdt это проявилось в большей степени, что связано с отдельными аспектами детоксикации металлов у данного генотипа в растительных тканях. Кластерный анализ позволил выделить соотношения аминокислотного профиля, полученного на цинке и ртути у обоих генотипов, в отдельную независимую группу. Результаты расчета с применением нейронной сети подтвердили устойчивость мутанта к ионам Cd и Co и чувствительность к Zn и Hg. У дикой линии обнаружена устойчивость к выбранной концентрации кобальта. **Научная новизна.** Математическая модель, спроектированная на основе собранного массива данных экссудации аминокислот, позволяет на основе матрицы корреляционных соотношений прогнозировать выход абсолютно сухой белковой биомассы растений и проводить первичный скрининг адаптационной лабильности различных сортов в условиях металл-индуцированного стресса.

Ключевые слова: горох посевной, SGECdt, тяжелые металлы, корневые выделения, аминокислоты, нейронная сеть, фракталы, индексы биокомпозиции.

Для цитирования: Пухальский Я. В., Воробьев Н. И., Лоскутов С. И., Лактионов Ю. В. Генотипический скрининг устойчивости зернобобовых растений к воздействию тяжелых металлов, на основании нейронного профилирования экссудации их аминокислот // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 83–96. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-83-96.

Дата поступления статьи: 12.01.2023, **дата рецензирования:** 02.02.2023, **дата принятия:** 13.02.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В последние годы все большее значение приобретает информационный анализ аминокислотных последовательностей у различных белков. Делается это для предсказания структуры, понимания функциональной роли и оценки устойчивости дан-

ных макромолекул *de novo* [1]. Благодаря развитию методов машинного обучения разрабатываются специальные программы на основе рекуррентных нейронных сетей, способных по числу повторяющихся системных единиц (кластерных фракталов) делать прогнозы локальной конформации пептид-

ного остова в цепочке мембранных протеинов. Количественные соотношения уровней внутренней упорядоченности числовых рядов протеиногенных аминокислот в составе таких белков, убывающие по значениям их концентраций в соответствии с фрактальным степенным законом [2], составляют основу в подобных вычислениях. Фрактальные степенные закономерности присутствуют здесь не случайно, поскольку они запрограммированы на первичном генетическом уровне структуры белков. Поэтому любое отклонение в расчетах от заданной пропорциональной нормы стабильности в меньшую сторону вызывает аминокислотный дисбаланс, что влечет за собой негативные последствия и нарушения в белковом обмене веществ (анаболизме). Соответственно, это влияет и на ингибирование роста в индивидуальном развитии целого организма. Напротив, увеличение показателя внутренней организации повышает степень устойчивости в онтогенезе и делает организм более приспособленным (адаптивным) к воздействию различного рода стрессов. В наших исследованиях мы рассмотрим эти утверждения на примере толерантности растительного организма бобовой культуры к токсичному воздействию разных тяжелых металлов (ТМ). Бобовые растения (*Fabaceae*) были выбраны исходя из их широкого ареала распространения и адаптационной лабильности, благодаря способности к формированию эффективных симбиосистем

двойного или тройного типа, состоящих из грибов арбускулярной микоризы, клубеньковых бактерий различных филогенетических таксонов, а также ассоциативных ростстимулирующих ризобактерий (Plant growth promoting rhizobacteria – PGPR). Кроме того, бобовые являются отличным источником растительного белка, сбалансированного по составу аминокислот, которые используются в качестве пластического материала, способного расходоваться на синтез ферментов, гормонов и других биологически активных соединений, необходимых для поддержания гомеостаза у растений. Исследования показывают, что отсутствие или недостаток отдельных незаменимых аминокислот приводит к нарушению в реакциях метаболизма.

Уровни биосистемной консолидации будем определять на основании расчета индексов фрактальной (I_F) когерентности корневой экссудации культур, среди выделений (экзометаболитов) которой также выделяют свободные аминокислоты (рис. 1). Несмотря на то что результаты подобных исследований и будут различаться с показателями эндогенного содержания аминокислот, данная методика косвенного расчета считается пригодной для первичного скрининга общих метаболических реакций устойчивости растений к различным поллютантам на начальной стадии роста – методика биотестирования.

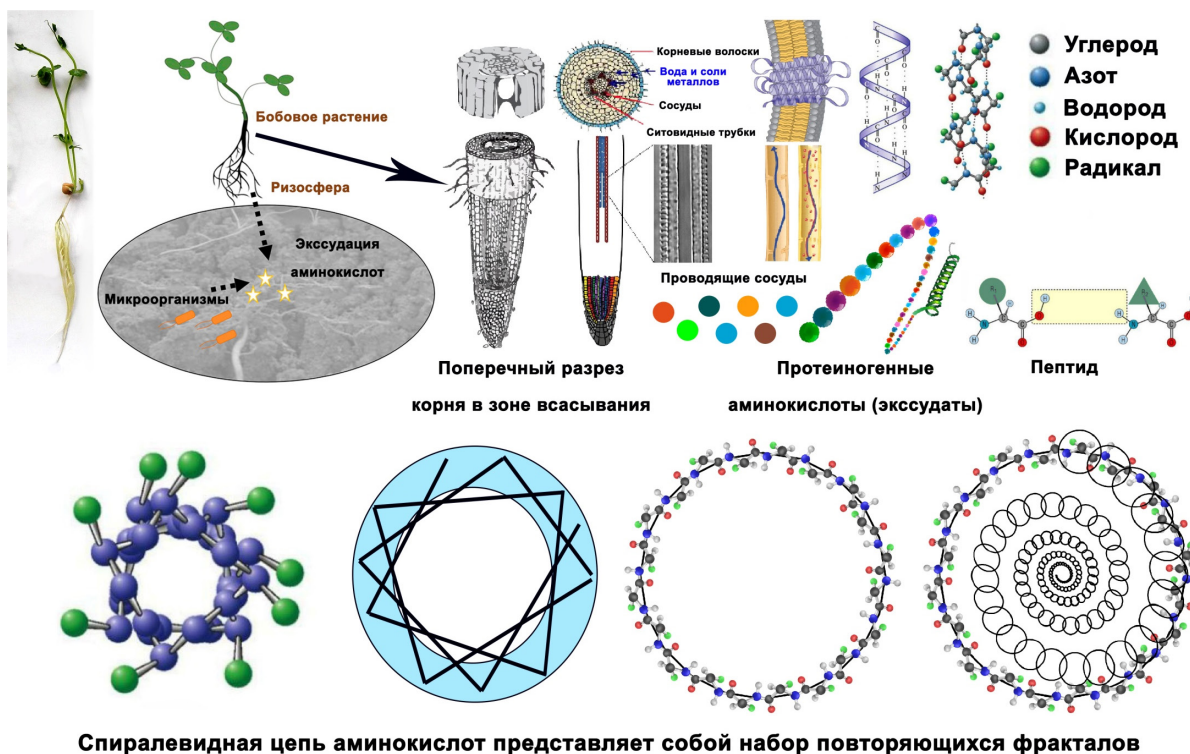
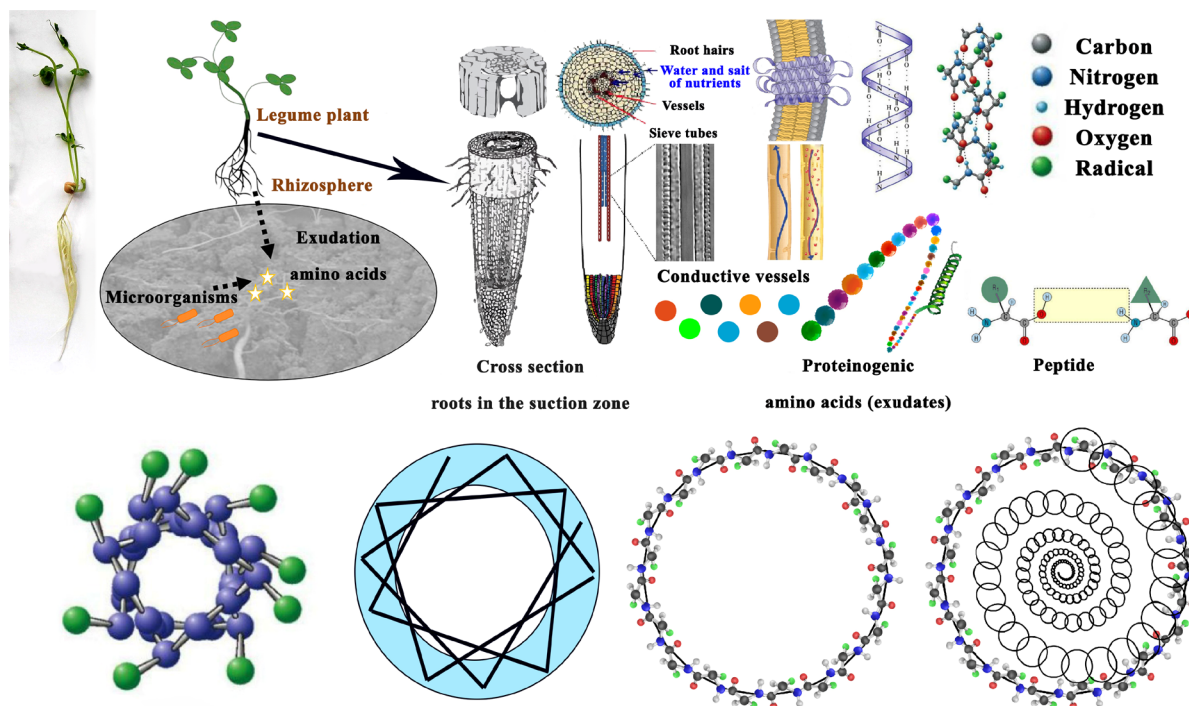


Рис. 1. Визуальное отображение концептуального подхода в оценки фрактальной организации корневой экссудации протеиногенных аминокислот, косвенно отражающих степень внутренней упорядоченности мембранных протеинов



A spiral chain of amino acids is a set of repeating fractals

Fig. 1. Visual representation of the conceptual approach in assessing the fractal organization of the root exudation of proteinogenic amino acids, indirectly reflecting the degree of internal ordering of membrane proteins

Изменения в содержании выхода первичных мономеров в виде свободных аминокислот под воздействием ТМ свидетельствуют об их участии в синтезе и структуре стрессовых белков. При соблюдении ряда правил и наличия нужного оборудования расчет по данному методу можно проводить не только на ювенильной фазе роста, но и на протяжении всего жизненного цикла – периода вегетации культуры. Это позволяет не прибегать к извлечению объектов из среды обитания и использовать биохимический анализ без разрушения живых тканей. Важно еще отметить, что, хотя экссудаты аминокислот и имеют менее сильное сродство с ТМ, чем органические кислоты или сахара, в естественных природных условиях они утилизируются почвенной микрофлорой не так быстро, что также делает их более детерминантной основой при расчетах.

Математическая модель, спроектированная на основе собранного массива данных экссудации аминокислот, позволяет прогнозировать выход как абсолютно сухой белковой биомассы, так и урожайности зерна или другой сельскохозяйственной продукции при стандартной влажности. Чаще всего подобные исследования с использованием высших растений проводят в упрощенных гидропонных модельных системах [3]. Это дает возможность исключить из опытов фактор сорбционного воздействия, осуществляемого коллоидными частицами и агрегатами почвы. Прочие вводные переменные внешних условий среды можно регулировать при

постановке экспериментов в климатических камерах (фитотронах или синерготронах) [4–6].

Итак, цель настоящей работы – оценить изменения уровня структурной организации аминокислотного профиля корневых экзометаболитов зернобобовых растений под влиянием металл-индуцированного стресса.

Методология и методы исследования (Methods)

Растительными объектами для исследования послужили кадмий-чувствительный генотип гороха посевного: сорт SGE, а также уникальный кадмий-устойчивый мутант SGECdt, созданный в результате мутагенеза этилметансульфонатом лабораторной линии SGE. Механизм устойчивости мутанта к ионам кадмия (Cd^{2+}) не связан с биосинтезом глутатиона и фитохелатинов. Мутант также показывал повышенную толерантность к накоплению токсических концентраций кобальта (Co^{2+}), но чувствительность к воздействию ртути (Hg^{+}). Ключевая роль в толерантности здесь принадлежала корням, поставляющим питательные вещества в надземные органы для поддержания гомеостаза и адаптации растений к токсическому действию ионов [7].

Опыт с растениями проводили в фитотроне ADAPTIS-A1000 REAICH-IN (Conviron, Canada) при температуре 21 °C, влажности воздуха 80 % и освещенности 10 000 Лк (фотопериодизм: 16 ч – день, 8 ч – ночь). Для инсоляции использовали светильники полного (Full) спектра (фотопериодизм: 16/8 ч; Ra = 90; PPFD (ФАР) =

153,0/мкмоль·м⁻²·с⁻¹). Световые показатели измеряли люксметром (Voltcraft LX-1108, Германия) и спектрофотометром (OceanOptics STS-VIS, США). Перевод люксов в микромоли осуществляли по формуле для белого света [8].

Семенной материал перед посадкой стерилизовали в 0,5-процентном растворе гипохлорита натрия в течение 10 минут, затем тщательно промывали дистиллированной водой и проращивали в темноте при комнатной температуре в течение трех суток на стерильных чашках Петри. Пророщенные семена высаживали на металлические сетки из нержавеющей стали, помещенные в пластиковые гнотобиотические системы OS140BOX (рис. 2).

Состав питательного раствора был следующим (мл/л дистиллированной воды): Ca(NO₃)₂ × 4H₂O (100 mM) – 0,6; K₂HPO₄ × 3H₂O (600 mM) – 0,6; MgSO₄ × 7H₂O (400 mM) – 0,6; CaCl₂ × 2H₂O (100 mM) – 0,6; KCl (400 mM) – 0,6; KNO₃ (1 M) – 0,6; FeC₄H₄O₆ × 2,5H₂O (2 mM) – 6,0; микроэлементы. На сосуд приходилось по 10 семян. Ионы ТМ вносили в среду в виде растворов солей: CdCl₂ в концентрации 4 мкМ, CoSO₄ в концентрации 40 мкМ, ZnCl₂ в концентрации 200 мкМ и HgNO₃ в концентрации 1 мкМ. Эксперименты ставились в четырехкратной аналитической повторности на каждый вариант. Продолжительность эксперимента до срока сбора экссудатов составила 14 суток. Дальнейший срок проведения эксперимента был ограничен объемом и высотой данных сосудов. В

конце опыта все сосуды проверялись на стерильность. Растения извлекали, сушили при комнатной температуре и взвешивали. Питательный раствор, содержащий корневые экссудаты, упаривали на роторном вакуумном испарителе BUCHI R-200 (BUCHI, Швейцария) до объема 5–10 мл.

Анализ экссудации протеиногенных аминокислот (кроме L-триптофана) проводили с использованием сверхпроизводительной жидкостной хроматографии высокого давления Acquity UPLC H-class (Waters, США) по рабочему протоколу с использованием флуоресцентного детектора. Количество L-триптофана определяли без дериватизации, путем разделения аминокислот на колонке Waters ACQUITY UPLC VEN RP18 Shield (1,7 мкм, 2,1 × 50 мм) (Waters, США) в смеси 0,1-процентной муравьиной кислоты (буфер А) и 75-процентного ацетонитрила с 0,1 процентной добавкой муравьиной кислоты (буфер Б). Градиент значений разбавления буфера Б при подаче в колонку варьировал от 1 до 18 % в течение первых 5 минут, затем возрастал до 80 % на 2 минуты при промывке колонки и вновь снижался до уровня 1 % при кондиционировании в течение последних 3 минут анализа образца. Скорость потока составляла 0,3 мл/мин. Детектирование L-триптофана происходило с использованием флуоресцентного детектора при длинах волн λ = 280 нм и λ = 350 нм. Стандартами для идентификации всех компонентов служили свежеприготовленные чистые образцы аминокислот.

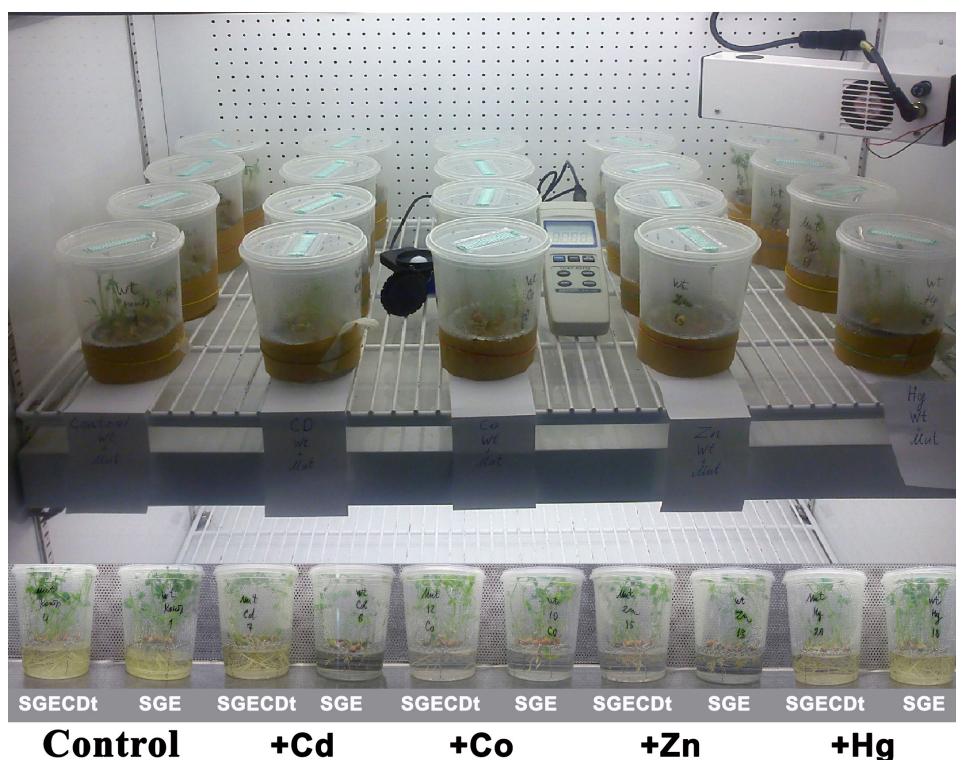


Рис. 2. Пластиковые гнотобиотические системы для постановки стерильных опытов с семенным материалом в условиях гидросветокультуры

Fig. 2. Plastic gnotobiotic systems for fixing diseased experiments with apparent suitability in hydroculture conditions

Для расчета I_F экссудации аминокислот использовали искусственную нейронную сеть (НФС), основанную на принципе фрактального подобию чисел и повторяющихся степенных рядов [9]. Значения I_F могут варьировать в диапазоне от 0,0 до 1,0 со следующей градацией: 0,7...1,0 – высокий уровень; 0,3...0,7 – средний уровень; 0,0...0,3 – низкий уровень биоконсолидации компонентов в экссудатах. Равенство I_F нулю означает, что растение становится целиком зависимо от нестабильности внешних условий в конкретной почвенной среде, а генетический контроль над биохимическими процессами минимален. При I_F равном единице контроль над метаболизмом растения со стороны генома достигает максимального уровня, а влияние внешних факторов минимизировано. То есть чем меньше значение I_F , тем меньше согласованность экспрессии генов, определяющих экссудацию аминокислот растениями гороха, и тем больше хаоса в управлении внутренними биохимическими процессами в растениях. При этом урожайность не будет превышать среднестатистических значений.

Визуальное описание сути вычислительных преобразований в структурной взаимосвязи корневой экссудации аминокислот приведено на рис. 3. На фрактальность нейронной сети указывает пирамидальный характер заполнения нейронами слоев сети.

В слое нейронов № 0 происходит логарифмирование данных ($y_{l,1,i}$), соответствующих одному вари-

анту опыта с номером (l), по формуле (1) и упорядочивание их по убыванию.

$$y_{l,0,i} = \log_2(s_{l,0,i}), \quad (1)$$

где $s_{l,0,i}$ – концентрация аминокислоты с номером (i), моль; $i = 1, 2, \dots, n$;

n – общее число аминокислот, число нейронов в слое № 0.

В слоях № 1, ..., $n-1$ выходные значения нейронов ($y_{l,k,i}$) вычисляются по формуле (2).

$$y_{l,k,i} = y_{l,k-1,i} - y_{l,k-1,i+1}, \quad (2)$$

где $k = 1, 3, \dots, n-1$ – номера нейронных слоев;

n – число аминокислот, число нейронов в первом слое;

$i = 1, 2, \dots, n-k$ – порядковые номера нейронов в слое с номером (k);

l – номер варианта опыта.

В результате в последнем слое с номером ($n-1$) присутствует только один нейрон.

Промежуточная матрица $D(l, k)$ содержит значения, вычисляемые по формуле (3).

$$d_{l,k} = \text{StandardError}(y_{l,k,1}, y_{l,k,2}, \dots, y_{l,k,n-k}), \quad (3)$$

где $k = 1, 2, \dots, n-1$ – номер нейронного слоя;

$d_{l,n-1} = 0$;

n – общее число аминокислот, число нейронов в слое № 0;

l – номер варианта опыта.

Весовые коэффициенты ($w_{l,k}$) нейронов слоя с номером (n) вычисляются по формулам (4, 5).

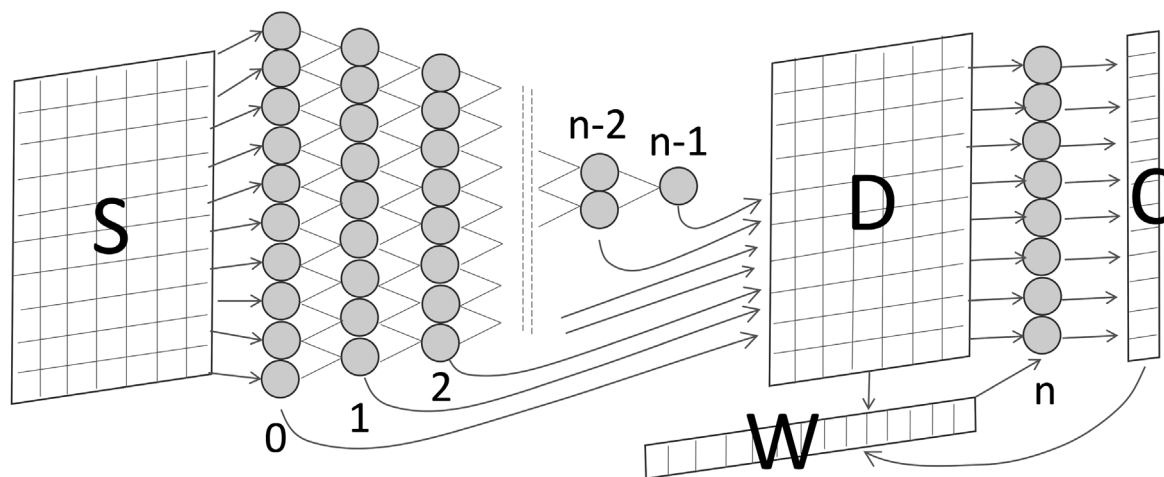


Рис. 3. Рекуррентная фрактальная нейронная сеть для обработки данных экссудации аминокислот растениями гороха и вычисления индекса структурной взаимосвязи аминокислот:

S – матрица исходных данных экссудации аминокислот по вариантам опыта. D – матрица промежуточных данных. W – вектор, участвующий в вычислении весовых коэффициентов слоя нейронов с номером (n).

C – вектор индексов биоконсолидации экссудации аминокислот.

После обучения нейронной сети векторы C и D имеют коэффициент корреляции, равный единице

Fig. 3. Recurrent fractal neural network for processing data on amino acid exudation by pea plants and calculating the index of the structural relationship of amino acids:

S is a matrix of initial data on the exudation of amino acids according to the variants of the experiment. D is the matrix of intermediate data. W is a vector involved in calculating the weight coefficients of the layer of neurons with number (n).

C is the vector of biocomposition indices of amino acid exudation.

After training the neural network, the vectors C and D have a correlation coefficient equal to one

$$\omega_k = \frac{1}{r_D} \cdot (r_k - r_C), r_C = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{k=1}^{n-2} r_k, r_D = \sqrt{\sum_{k=1}^{n-2} (r_k - r_C)^2}, \quad (4)$$

$$r_k = \text{CoefficientCorrelation}(d_{1,k}, d_{2,k}, \dots, d_{n-2,k}; w_1, w_2, \dots, w_{n-2}), \quad (5)$$

где $k = 1, 2, \dots, n-2$; n – число аминокислот, число нейронов в слое № 0.

Вектор I_F вычислялся по формулам (6).

$$c_l = 1 + a \cdot p_l; \quad p_l = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{k=1}^{n-2} \omega_k \cdot d_{l,k}. \quad (6)$$

где a – числовая константа, не влияющая на обучение нейронной сети.

Обучение нейронной сети основано на вычислении базового коэффициента корреляции (R) по формуле (7) и поиска весовых коэффициентов ($w_{l,k}$), при которых $R = 1$.

$$R = \text{Correlation coefficient}(c_1, c_2, \dots, c_{n-2}; w_1, w_2, \dots, w_{n-2}) \rightarrow 1 \quad (7)$$

Для обучения нейронной сети и получения искомого результата предлагается проводить несколько циклов рекуррентных вычислений [10]. На первом шаге в вектор W вводятся случайные значения и вычисляется вектор C . Далее вектор W замещается значениями вектора C , и вычисления повторяются

(см. возвратную стрелку от C к W на рис. 3). После 5–7 итераций достигается условие $R = 1$.

Прочую обработку экспериментальных данных проводили с помощью пакета stats и gplots в системе R [11–12]. Для визуализации полученных данных был применен метод построения тепловой карты на основе корреляционных матрицы расстояний.

Результаты (Results)

Как ожидалось внесение токсичных концентраций ТМ привело к ингибированию роста растений (рис. 4). Добавление кадмия и кобальта в большей мере отразилось на снижении показателей биомассы дикой линии SGE, чем у мутантного генотипа SGECdt, что лишним раз подтверждает наши результаты из прошлых работ. Известно, что кадмий вызывает значительное угнетение роста за счет подавления скорости транспирации, биосинтеза хлорофилла в листьях, а также снижение/замещение поступления биофильных микроэлементов. Кобальт же долгое время рассматривался как микроэлемент, необходимый только для животных и микроорганизмов. В настоящее время он считается

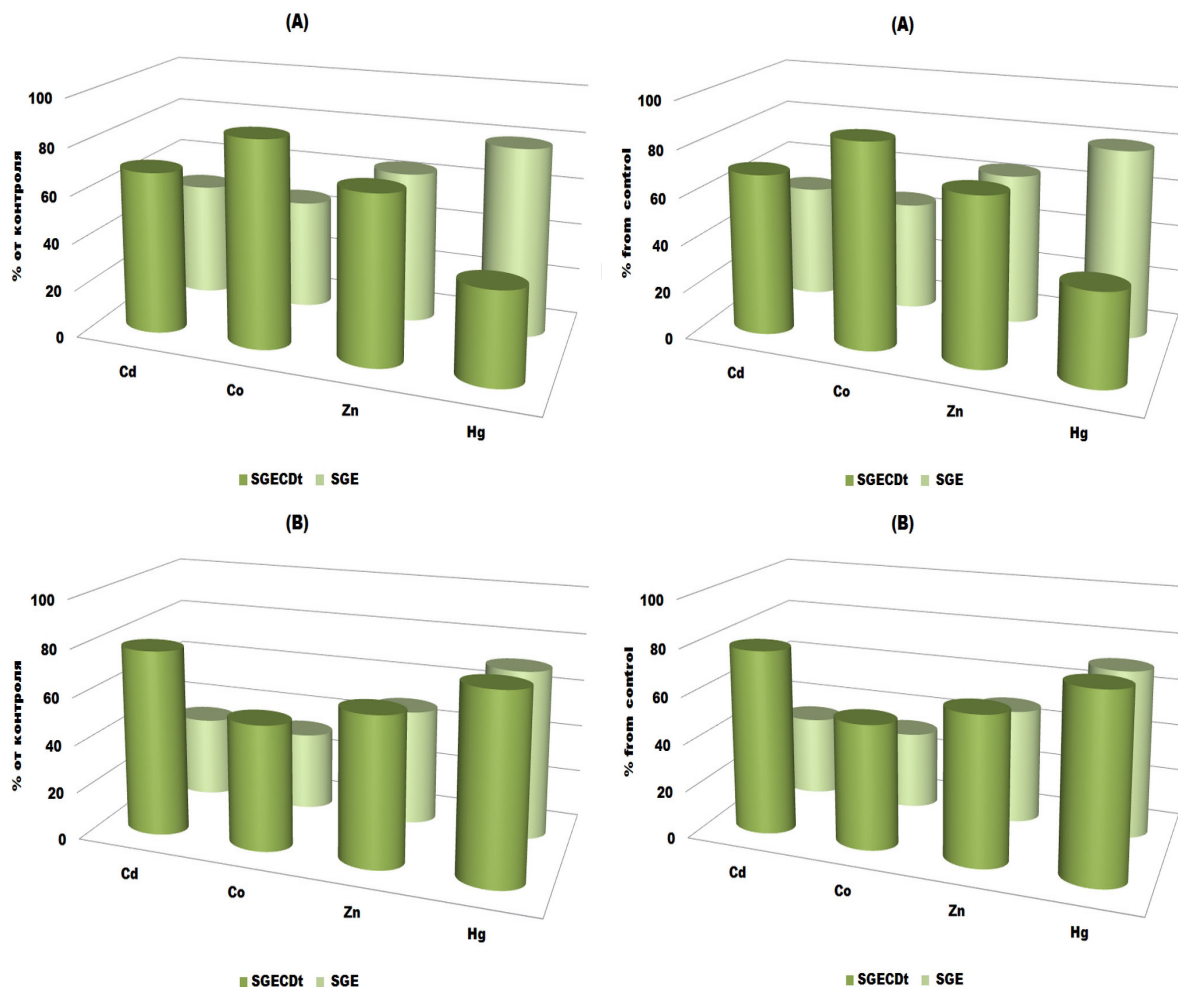


Рис. 4. Влияние воздействия тяжелых металлов на показатели сухой биомассы побегов (А) и корней (В) растений

Fig. 4. Effect of metal exposure on dry biomass of shoots (A) and roots (B) of plants

полезным и для высших растений. Так, например, у зернобобовых культур кобальт участвует в процессах фиксации атмосферного азота в клубеньках. Однако при чрезмерном накоплении его в окружающей среде он также начинает действовать на растения как ТМ второго класса опасности. Механизм устойчивости мутанта к этим токсикантам не связан с биосинтезом глутатиона и фитохелатинов. Вероятнее всего, здесь проявился эффект экологической стехиометрии, когда за счет лучшей скоординированности гомеостаза, заложенной в генотипе растений, происходит перераспределение свободной энергии, выделяемой при гидролизе АТФ, используемой для импорта эссенциальных элементов-антагонистов ТМ в корни и надземную часть. Повышенное накопление в растении отдельных полезных микроэлементов, таких как сера, молибден, марганец, медь, железо, кремний, сопряжено с метаболизмом аминокислот. Увеличение суммарного пула последних у мутанта SGECDt (рис. 5), также

связано с отдельными аспектами детоксикации ТМ в тканях растений. Добавление в питательную среду ртути, напротив, показало, что дикий тип, проявил лучшую устойчивость к токсиканту. Исходя из литературных данных, это связано с деятельностью белков-аквапоринов, отвечающих на адаптивность растений, путем регуляции их водного режима. По всей видимости, обработка мутантного генотипа SGECDt ртутью привела к существенному снижению транспирации воды, водного и осмотического потенциала листьев, тургора и гуттации. Нарушения гидролитической проводимости корней привело к деградации проводящих тканей ксилемы и флоэмы главного корня, в результате чего по восходящему току, в надземные органы растения вместе с водой стало поступать меньше растворенных в ней минеральных солей, что в итоге и привело к снижению их развития. Что касается цинка, то здесь ингибирование биомассы обоих органов у двух генотипов было равноценно.

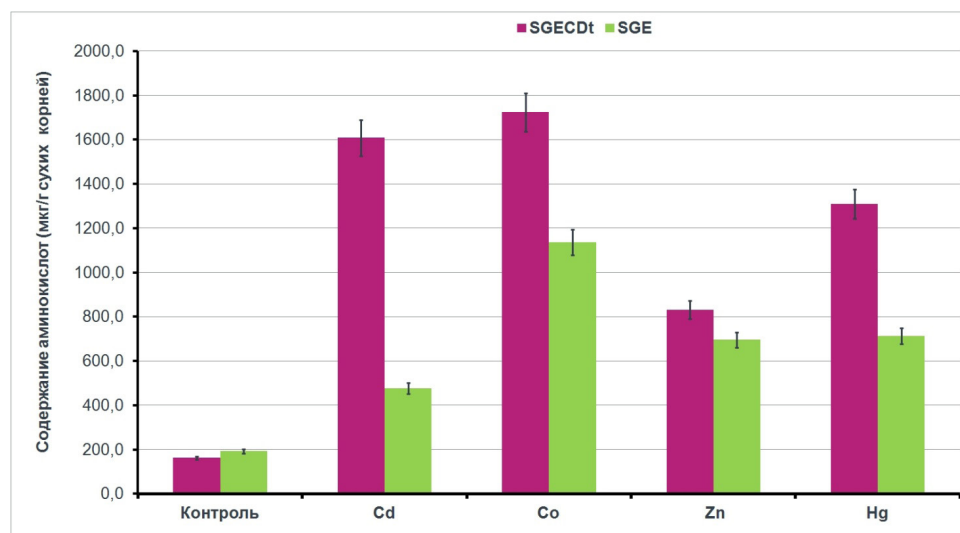


Рис. 5. Усредненные показатели фракционного состава корневых выделений у разных генотипов гороха посевного выращенных на питательной среде, обогащенной солями ТМ. Планки (бары) на столбцах обозначают ошибки средних



Fig. 5. Average indices of the fractional composition of root secretions in different genotypes of peas grown on a nutrient medium enriched with HM salts. The bars (bars) on the columns indicate the errors of the means

Биохимические исследования показали, что в присутствии токсичных ионов Cd и Co мутант SGECDt показал меньший выход свободного пролина, как основной стрессовой аминокислоты [13–14], по сравнению с растениями дикой линии SGE. Это согласуется с результатами, полученными нами в ранних исследованиях. Анализ соотношений, приведенный на тепловой карте (рис. 6), показал, что у обоих генотипов при добавлении в среду цинка и ртути, аминокислотный состав сфор-

мировал отдельный независимый кластер. Здесь можно отметить, что данные токсиканты привели к повышению выхода глицина в прикорневую зону у дикого типа. Этот факт можно связать с тем, что данная аминокислота входит в состав соли бетаина – важного осмолита, который быстро накапливается в растениях в условиях различных экологических стрессов [15]. Кроме того, он помогает растениям быстро восстанавливаться после сильного пагубного воздействия. У мутанта данный эффект

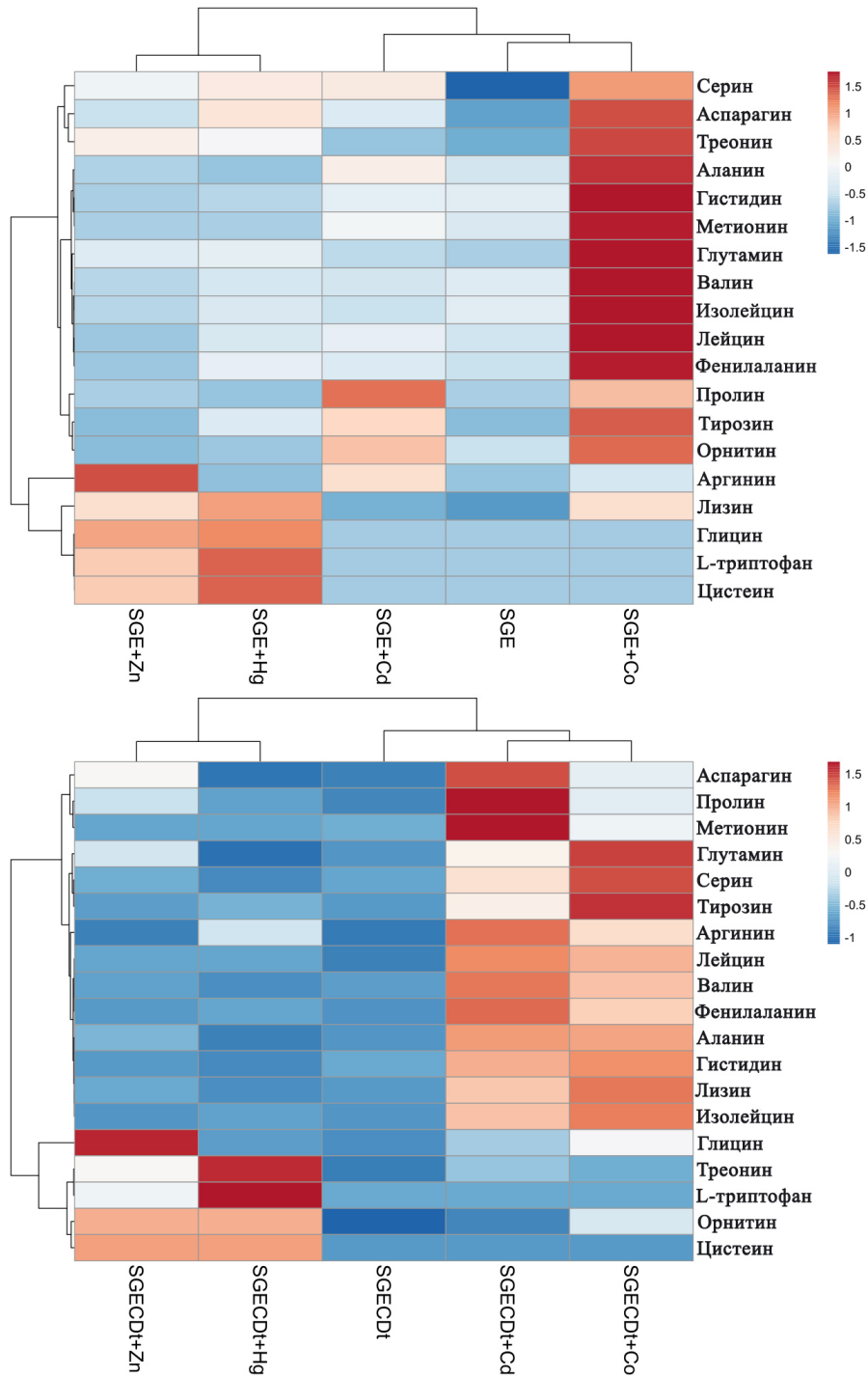


Рис. 6. Тепловая карта кластерного изменения корневых экссудатов у разных генотипов *Pisum sativum* при металл-индуцированном стрессе. Синий цвет указывает на более низкую, красный – на более высокую концентрацию каждого компонента

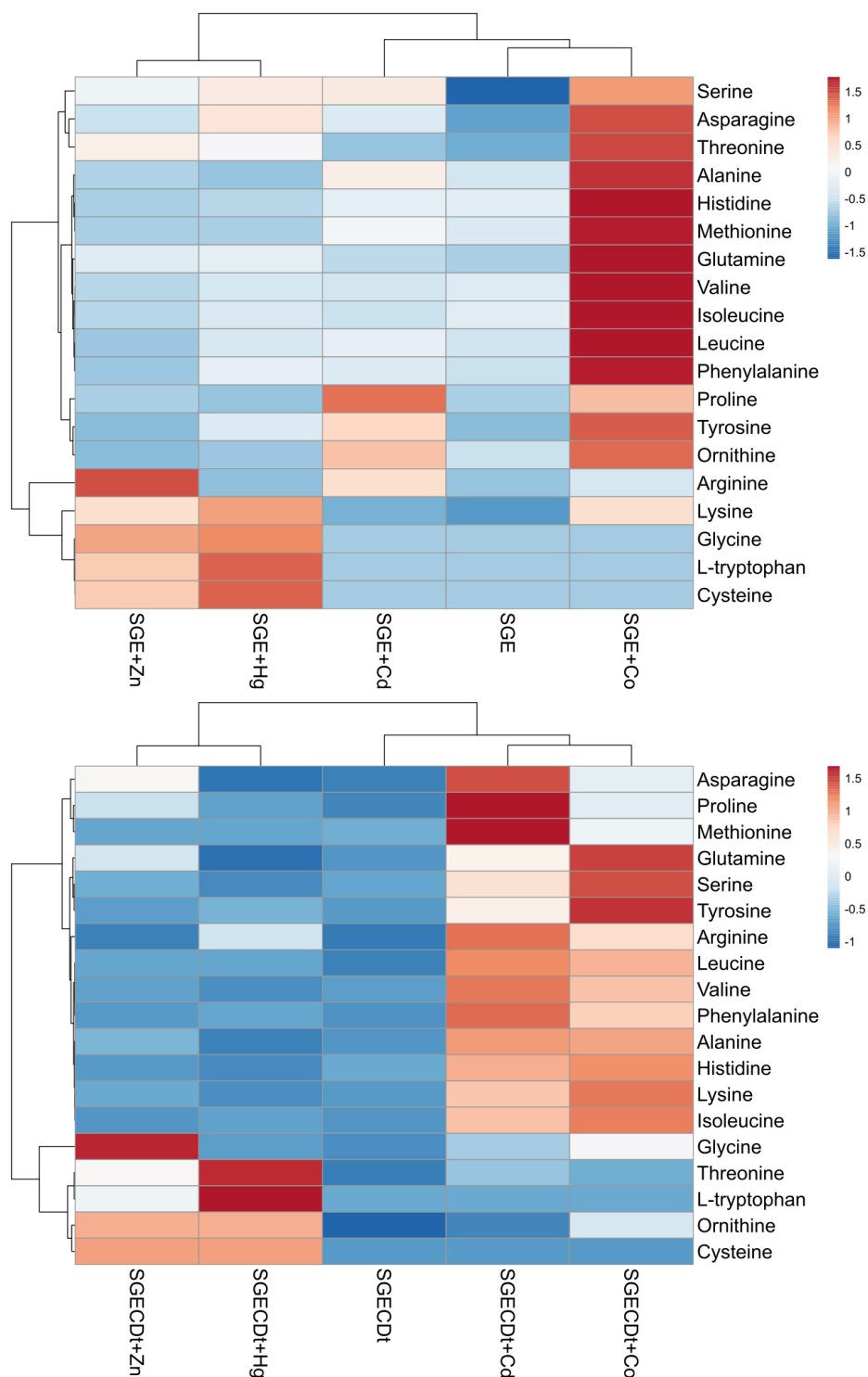


Fig. 6. Heat map of cluster changes in root exudates in different genotypes of *Pisum sativum* under metal-induced stress. Blue indicates a lower concentration, red indicates a higher concentration of each component

проявился в меньшей степени, что, как и в случае с пролином, означает другой механизм устойчивости данного мутанта к абиотическим стрессам. Так, для него при загрязнении среды солями ТМ, в особенности Zn и Hg, отмечено увеличение выхода треонина, при практически неизменном или небольшом повышении содержания аланина. Похожий результат был ранее отмечен в литературе

и в стратегии адаптации для двух металлофитов из рода *Noccaea*. Если искать примеры подобных ответных биохимических реакций на токсичное воздействие металлов среди животного царства, то здесь можно выделить исследования на мышах, где в результате скрининга 20 аминокислот лишь треонин эффективно увеличивал накопление Cd в фекалиях (аналог корневых выделений), тем самым

активно снижая аккумуляцию токсиканта в кишечнике [16]. Другой специфической аминокислотой, что может в дальнейшем использоваться в качестве индикаторной сигнальной молекулы при изучении устойчивости мутантного генотипа к воздействию абиотических стрессов, является L-триптофан. Результаты анализа показали значительное увеличение выхода данной аминокислоты при воздействии Zn и Hg. Известно, что L-триптофан является одной из наиболее значимых аминокислот для роста растений в нормальных условиях окружающей среды, а также при воздействии различных абиотических стрессов. Наравне с метионином и гистидином он играет главную роль в защите в реакциях адаптации растений к кадмиевому стрессу. Также у высших растений L-триптофан является физиологическим предшественником фитогормонов мелатонина и индоллил-3-уксусной кислоты (ИУК). Последние, обладая осмолитическими свойствами, могут ре-

гулировать транспорт различных ионов в качестве питательных веществ внутрь растения. А как было сказано ранее, поступление питательных элементов вместе с водой в надземные органы, является основным механизмом толерантности мутанта к токсическому действию ионов ТМ [7]. На примере других бобовых (белого люпина и нута) экзогенная обработка триптофаном в большинстве случаев улучшала рост и фотосинтетическую активность растений. Также обработка триптофаном была наиболее эффективным способом повышения продуктивности растений *Lupinus termis* L, подвергшихся стрессу в виде засухи [17].

Результаты расчета с применением нейронной сети и I_F приведены в таблице 1. Нейронные сети контролируют только смещение I_F и весовых данных относительно контроля. Размерные данные нейронные сети не контролируют. Поэтому в таблице приведены смещения.

Таблица 1

Значения индекса биоконпозиции экссудации аминокислот растениями гороха по вариантам опыта и его смещение относительно контрольного варианта и среднего веса

№	Варианты опыта	Индекс биоконпозиции аминокислот (I_F)	Средний вес растения, мг	Смещение индекса биоконпозиции аминокислот, %	Смещение среднего веса растений, %
1	SGE	0,39	87	0	0
2	SGE + Cd	0,34	38	-14,9	-56,4
3	SGE + Co	0,36	36	-0,9	-58,2
4	SGE + Zn	0,45	51	-18,4	-41,1
5	SGE + Hg	0,44	66	-18,1	-23,6
Коэффициент корреляции				-0,67	
6	SGECDt	0,31	73	0	0
7	SGECDt + Cd	0,37	52	3,5	-29,0
8	SGECDt + Co	0,39	56	-4,8	-23,3
9	SGECDt + Zn	0,58	50	-53,2	-2,2
10	SGECDt + Hg	0,37	36	-77,3	-50,2
Коэффициент корреляции				0,01	
Ошибки средних		±0,03	±5	-	-

Table 1

Values of the biocomposition index of amino acid exudation by pea plants according to the experimental variants and its displacement relative to the control variant and the average weight

No.	Experience options	Amino acid biocomposition index (I_F)	Average plant weight, mg	Amino acid biocomposition index shift, %	Shift in the average weight of plants, %
1	SGE	0.39	87	0	0
2	SGE + Cd	0.34	38	-14.9	-56.4
3	SGE + Co	0.36	36	-0.9	-58.2
4	SGE + Zn	0.45	51	-18.4	-41.1
5	SGE + Hg	0.44	66	-18.1	-23.6
Correlation coefficient				-0,67	
6	SGECDt	0.31	73	0	0
7	SGECDt + Cd	0.37	52	3.5	-29.0
8	SGECDt + Co	0.39	56	-4.8	-23.3
9	SGECDt + Zn	0.58	50	-53.2	-32.2
10	SGECDt + Hg	0.37	36	-77.3	-50.2
Correlation coefficient				0.01	
Standard error		±0.03	±5	-	-

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

У SGE коэффициент корреляции $(-0,67)$ I_F со средней массой растений указывает на то, что чем больше хаоса в растительных биохимических процессах, тем меньше биомасса растений. Как и ожидалось, у SGE имела чувствительность к Cd, Zn и Hg. Однако обнаружена устойчивость к выбранной концентрации Co. Отрицательное значение коэффициента корреляции I_F со средними значениями сухой биомассой у дикого типа также означает, что при данных концентрациях содержания ТМ в питательной среде растение затрачивает больше сил на накопление биомассы уже на ювенильной фазе своего роста с целью последующего проявления эффекта разбавления токсикантов при дальнейшем развитии в онтогенезе.

У SGECDt корреляция I_F со средней массой растений отсутствует $(0,01)$. Это указывает на то, что в данном растении существенно изменена схема биохимических процессов в сторону меньшей чувствительности к одним ТМ и большей чувствительности к другим. Подтверждена устойчивость к Cd и Co и чувствительность к Zn и Hg.

Дестабилизация аминокислотного состава корневых выделений под действием ТМ, вероятно, связана с экспрессией определенного числа генов, в результате чего в растениях активизируется синтез и структура стрессовых белков и металлсвязывающих соединений, повышающих устойчивость и адаптацию растений. Экзометаболиты в виде аминокислот Треонина и L-триптофана могут служить здесь специфическими сигнальными молекулами для первичной оценки устойчивости мутантного генотипа растений гороха SGECDt к воздействию различных абиотических стрессов.

Определение аминокислотного состава корневых выделений в различные периоды роста расте-

ний, дает возможность оценить результаты сложных процессов азотфиксации, выявить суммарный эффект воздействия азота на синтез аминокислот с учетом изменений в развитии растений, а также охарактеризовать качество растительной продукции.

В перспективе представляется возможным сравнительные исследования, сочетающие анализы изменения экзо- и эндогенных показателей растительных метаболитов. Также, поскольку чаще всего загрязнения сред ТМ носят полиметаллический характер, чтобы полностью раскрыть механизмы адаптации растительных культур, на основе подобранных концентраций ТМ планируется проведение экспериментов с комбинированным воздействием токсикантов.

Благодарности (Acknowledgements)

Статья подготовлена в рамках выполнения Государственного задания No. FGEW-2021-0004 «Выделение, изучение и скрининг перспективных штаммов симбиотических, ассоциативных бактерий и грибов арбускулярной микоризы, для создания высокоэффективных и технологичных биопрепаратов широкого спектра действия и разработка подходов к созданию комбинированных биопрепаратов на основе геномного анализа и подбора штаммов, обладающих комплементарными наборами генов, ответственных за эффективное взаимодействие с растениями».

Полученные данные также являлись частью кандидатской диссертации Яна Викторовича Пухальского. Авторы признательны доктору биологических наук А. А. Белимову за предоставление семенного материала, а также кандидату биологических наук, ведущему научному сотруднику ВНИИСХМ А. И. Шапошникову за помощь с получением расчетных данных.

Библиографический список

1. Daudert D. G. Exploring the Impact of Pretrained Bidirectional Language Models on Protein Secondary Structure Prediction. Michigan: Masters Theses, 2018. 65 p.
2. Розенберг Г. С. Фрактальные методы анализа структуры сообществ // Принципы экологии. 2018. № 4. С. 4–43.
3. Kawasaki A., Okada S., Zhang C. et al. A sterile hydroponic system for characterising root exudates from specific root types and whole-root systems of large crop plants // Plant Methods. 2018. Vol. 14. Article number 114. DOI: 10.1186/s13007-018-0380-x.
4. Драгавцев В. А. Новая система регуляции у растений и необходимость создания селекционного фитофона в РФ // Журнал технической физики. 2018. № 88. С. 1331–1335.
5. Зеленков В. Н., Верник П. А., Бандурин В. В., Латушкин В. В., Новиков В. Б., Гаврилов С. В., Коршук В. А. Использование программно-аппаратного цифрового комплекса «Синерготрон» для разработки инновационных технологий выращивания растений // Международный академический вестник. 2019. № 7 (39). С. 37–40.
6. Латушкин В. В., Зеленков В. Н., Лапин А. А., Верник П. А., Гаврилов С. В., Новиков В. Б. Экспериментальное моделирование условий онтогенеза растений и биотехнологических методов их выращивания в закрытой экосистеме – синерготроне // Вестник РАН. 2021. Т. 21. № 1. С. 46–53.

7. Belimov A. A., Malkov N. V., Puhalsky J. V., Tsyganov V. E., Bodyagina K. B., Safronova V. I., Dietz K. J., Tikhonovich I. A. The Crucial Role of Roots in Increased Cd-tolerance and Cd-accumulation in the Pea (*Pisum sativum* L.) Mutant SGECDt // *Plant Biology*. 2018. Vol. 62. No. 3. Pp. 543–550.
8. Sharakshane A. An easy estimate of the PFDD for a plant illuminated with white LEDs: 1000 lx = 15 $\mu\text{mol/s/m}^2$ // *BioRxiv*. 2018. DOI: 10.1101/289280.
9. Гафаров Ф. М., Галимянов А. Ф. Искусственные нейронные сети и приложения: учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. 121 с.
10. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. Москва: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
11. Team Core R. A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: Statistical Computing, 2018. 1731 p.
12. Weinberg S., Harel D., Abramowitz S. *Statistics Using R: An Integrative Approach*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 692 p.
13. Ghosh U. K., Islam M. N., Siddiqui M. N., Cao X., Khan M. A. R. Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: understanding the physiological mechanisms // *Plant Biology*. 2022. No. 24 (2). Pp. 227–239.
14. Siddique A., Kandpal G., Kumar P. Proline Accumulation and its Defensive Role Under Diverse Stress Condition in Plants: An Overview // *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 2018. Vol. 12 (3). Pp. 1655–1659.
15. Ali S., Abbas Z., Seleiman M. F., Rizwan M., Yava Ş İ., Alhammad B. A., Shami A., Hasanuzzaman M., Kalderis D. Glycine Betaine Accumulation, Significance and Interests for Heavy Metal Tolerance in Plants // *Plants*. 2020. Vol. 9 (7). Article number 896. DOI: 10.3390/plants9070896.
16. Li Y., Fang Z., Zhou X., Gao J., Wang J., Huang L., Chen Y., Sun L., Deng Q., Gooneratne R. Threonine Facilitates Cd Excretion by Increasing the Abundance of Gut *Escherichia coli* in Cd-Exposed Mice // *Molecules*. 2023. Vol. 28 (1). Article number 177. DOI: 10.3390/molecules28010177.
17. Sadak M. S., Ramadan A. A. E. Impact of melatonin and tryptophan on water stress tolerance in white lupine (*Lupinus termis* L.) // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2021. Vol. 27 (3). Pp. 469–481.

Об авторах:

Ян Викторович Пухальский¹, инженер-микробиолог I категории, ORCID 0000-0001-5233-3497, AuthorID 784249; +7 952-399-61-66, puhalskyan@gmail.com

Николай Иванович Воробьев¹, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8300-2287, AuthorID 86787; +7 905 279-46-61, nik.ivanvorobyov@yandex.ru

Святослав Игоревич Лоскутов², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-8102-2900, AuthorID 688368; +7 905 214-43-23, lislosk@mail.ru

Юрий Владимирович Лактионов¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий, ORCID 0000-0001-6241-0273, AuthorID 557086; +7 911 734-10-40, laktionov@list.ru

¹ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

² ВНИИПД – филиал ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Genotypic screening for the resistance of leguminous crops to the effects of heavy metals, based on neuron profiling of their amino acid exudation

Ya. V. Pukhalskiy¹✉, N. I. Vorobyev¹, S. I. Loskutov², Yu. V. Laktionov¹

¹ All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

² VNIIPD – a branch of Gorbатов Research Center for Food Systems, Saint Petersburg, Russia

✉E-mail: puhalskyan@gmail.com

Abstract. The purpose of the article was to assess the change in the level of structural organization of the amino acid profile of root exometabolites of various resistance genotypes of peas under the influence of metal-induced stress. **Research method.** Plants were grown under sterile controlled conditions (climatic chamber) with the addition of toxic concentrations, cadmium, cobalt, zinc or mercury to the nutrient medium. The objects for the study were the Cd-sensitive genotype of the pea variety SGE, as well as the unique Cd-resistant mutant SGECDt cre-

ated on its basis. **Results.** It has been established that all salt solutions of metals have an inhibitory effect on plant growth rates. At the same time, as expected, the addition of cadmium and cobalt to the medium had a greater effect on the decrease in the biomass of the wild line SGE than in the mutant genotype SGECdt. The latter reacted more to the introduction of toxic mercury into the environment. As for zinc, here, the inhibition of the biomass of both organs in the two genotypes was equivalent. The addition of all toxicants to the medium led to an increase in the total yield of all amino acids. In the SGECdt mutant, this manifested itself to a greater extent, which is associated with certain aspects of metal detoxification in this genotype in plant tissues. Cluster analysis made it possible to separate the ratios of the amino acid profile obtained on zinc and mercury in both genotypes into a separate independent group. The results of calculations using a neural network confirmed the resistance of the mutant to Cd and Co ions, and sensitivity to Zn and Hg. The wild line was found to be resistant to the selected concentration of Co. **Scientific innovation.** The mathematical model, designed on the basis of the collected amino acid exudation data array, makes it possible, on the basis of a matrix of correlation ratios, to predict the yield of absolutely dry plant protein biomass and to primary screening the adaptive lability of various varieties under metal-induced stress.

Keywords: *Pisum sativum*, SGECdt, heavy metals, root secretions, amino acids, neural network, fractals, biocomposition indices.

For citation: Pukhalskiy Ya. V., Vorobyev N. I., Loskutov S. I., Laktionov Yu. V. Genotipicheskiy skринing us-toyчивosti zernobobovykh kul'tur k vozdeystviyu tyazhelykh metallov na osnovanii neyronnogo profilirovaniya ekssudatsii ikh aminokislot [Genotypic screening for the resistance of leguminous crops to the effects of heavy metals, based on neuron profiling of their amino acid exudation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 83–96. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-83-96. (In Russian.)

Date of paper submission: 12.01.2023, **date of review:** 02.02.2023, **date of acceptance:** 13.02.2023.

References

1. Daudert D. G. Exploring the Impact of Pretrained Bidirectional Language Models on Protein Secondary Structure Prediction. Michigan: Masters Theses, 2018. 65 p.
2. Rozenberg G. S. Fraktal'nyye metody analiza struktury soobshchestv [Fractal methods for analyzing the structure of communities] // Principles of ecology. 2018. No. 4. Pp. 4–43. (In Russian.)
3. Kawasaki A., Okada S., Zhang C. et al. A sterile hydroponic system for characterising root exudates from specific root types and whole-root systems of large crop plants // Plant Methods. 2018. Vol. 14. Article number 114. DOI: 10.1186/s13007-018-0380-x.
4. Dragavtsev V. A. Novaya sistema regulyatsii u rasteniy i neobkhodimost' sozdaniya selektsionnogo fitotrona v RF [A new system of regulation in plants and the need to create a breeding phytotron in the Russian Federation] // Journal of technical physics. 2018. No. 88. Pp. 1331–1335. (In Russian.)
5. Zelenkov V. N., Vernik P. A., Bandurin V. V., Latushkin V. V., Novikov V. B., Gavrilov S. V., Korshuk V. A. Ispol'zovaniye programmno-apparatnogo tsifrovogo kompleksa "Sinergotron" dlya razrabotki innovatsionnykh tekhnologiy vyrashchivaniya rasteniy [Use of software and hardware digital complex "Synergotron" for the development of innovative technologies for growing plants] // International Academic Bulletin. 2019. No. 7 (39). Pp. 37–40. (In Russian.)
6. Latushkin V. V., Zelenkov V. N., Lapin A. A., Vernik P. A., Gavrilov S. V., Novikov V. B. Eksperimental'noye modelirovaniye usloviy ontogeneza rasteniy i biotekhnologicheskikh metodov ikh vyrashchivaniya v zakrytoy ekosisteme – sinergotron [Experimental modeling of plant ontogenesis conditions and biotechnological methods of their cultivation in a closed ecosystem – synergotrone] // Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences. 2021. Vol. 21. No. 1. Pp. 46–53. (In Russian.)
7. Belimov A. A., Malkov N. V., Puhalsky J. V., Tsyganov V. E., Bodyagina K. B., Safronova V. I., Dietz K. J., Tikhonovich I. A. The Crucial Role of Roots in Increased Cd-tolerance and Cd-accumulation in the Pea (*Pisum sativum* L.) Mutant SGECdt // Plant Biology. 2018. Vol. 62. No. 3. Pp. 543–550.
8. Sharakhshane A. An easy estimate of the PFDD for a plant illuminated with white LEDs: $1000 \text{ lx} = 15 \mu\text{mol/s/m}^2$ // BioRxiv. 2018. DOI: 10.1101/289280.
9. Gafarov F. M., Galimyanov A. F. Iskusstvennyye neyronnyye seti i prilozheniya: uchebnoye posobiye [Artificial neural networks and applications: textbook]. Kazan: Kazan Publishing House. un-ta, 2018. 121 p. (In Russian.)
10. Goodfellow J., Bengio I., Courville A. Glubokoye obucheniye [Deep learning]. M.: DMK Press, 2018. 652 p. (In Russian.)
11. Team Core R. A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: Statistical Computing, 2018. 1731 p.

12. Weinberg S., Harel D., Abramowitz S. *Statistics Using R: An Integrative Approach*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 692 p.
13. Ghosh U. K., Islam M. N., Siddiqui M. N., Cao X., Khan M. A. R. Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: understanding the physiological mechanisms // *Plant Biology*. 2022. No. 24 (2). Pp. 227–239.
14. Siddique A., Kandpal G., Kumar P. Proline Accumulation and its Defensive Role Under Diverse Stress Condition in Plants: An Overview // *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 2018. Vol. 12 (3). Pp. 1655–1659.
15. Ali S., Abbas Z., Seleiman M. F., Rizwan M., Yava Ş İ., Alhammad B. A., Shami A., Hasanuzzaman M., Kalderis D. Glycine Betaine Accumulation, Significance and Interests for Heavy Metal Tolerance in Plants // *Plants*. 2020. Vol. 9 (7). Article number 896. DOI: 10.3390/plants9070896.
16. Li Y., Fang Z., Zhou X., Gao J., Wang J., Huang L., Chen Y., Sun L., Deng Q., Gooneratne R. Threonine Facilitates Cd Excretion by Increasing the Abundance of Gut Escherichia coli in Cd-Exposed Mice // *Molecules*. 2023. Vol. 28 (1). Article number 177. DOI: 10.3390/molecules28010177.
17. Sadak M. S., Ramadan A. A. E. Impact of melatonin and tryptophan on water stress tolerance in white lupine (*Lupinus termis* L.) // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2021. Vol. 27 (3). Pp. 469–481.

Authors' information:

Yan V. Pukhalskiy¹, 1st category microbiologist engineer, ORCID 0000-0001-5233-3497, AuthorID 784249; +7 952-399-61-66, puhalskiyan@gmail.com

Nikolay I. Vorobyev¹, candidate of technical sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-8300-2287, AuthorID 86787; +7 905 279-46-61, nik.ivanvorobyov@yandex.ru

Svyatoslav I. Loskutov², candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-8102-2900, AuthorID 688368; +7 905 214-43-23, lislosk@mail.ru

Yuriy V. Laktionov¹, candidate of biological sciences, leading researcher, head of the laboratory of ecology of symbiotic and associative rhizobacteria, ORCID 0000-0001-6241-0273, AuthorID 557086; +7 911 734-10-40, laktionov@list.ru

Проблема кодификации «органических продуктов питания»: теоретико-методологические аспекты системного анализа и правового регулирования

Б. А. Воронин¹, Я. В. Воронина¹, Д. К. Стожко², К. П. Стожко¹✉

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: kostskp@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – анализ и оценка теоретико-методологических подходов к трактовке понятия «органические продукты питания» и его использованию в хозяйственной практике. Задачами исследования являются определение сущности и содержания понятия «органические продукты питания»; оценка практики его использования при маркировке; выявление присущих ему внутренних противоречий и его соотношения с другими терминами (биопродукт, экологический чистый продукт, натуральный продукт и др.). **Методы исследования.** Используются методы экспертно-аналитического, программно-целевого, структурно-функционального, системного, сравнительного, морфологического и компаративного анализа и оценки понятий «экологически чистые продукты», «биопродукты» и «органические продукты питания». **Научная новизна** состоит в выявлении и критическом анализе причин и последствий противоречий, касающихся практики использования маркировки «органические продукты питания» и в обосновании необходимости их корректировки в соответствии с Национальной доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации. В статье дан компаративный анализ существующих юридических и научных подходов к вопросу о кодификации маркировки продовольственных товаров и обоснованы меры правового регулирования по исправлению сложившейся ситуации на отечественном продовольственном рынке. **Теоретико-методологическая значимость** исследования состоит в выяснении и определении необходимых научных подходов к категориальному аппарату в области продовольственной проблематики и уточнении критериев отнесения продовольственной продукции к категории органических продуктов. **Практическая значимость** исследования определяется реальным характером потребительского спроса на экологически безопасные продукты питания и состоит в возможности использования предложенных рекомендаций для повышения такой безопасности, в частности, в области правового регулирования российского продовольственного рынка и дальнейшего развития культуры потребления.

Ключевые слова: биопродукт, натуральный продукт, продукт питания, экологически чистый продукт, экологически безопасный продукт.

Для цитирования: Воронин Б. А., Воронина Я. В., Стожко Д. К., Стожко К. П. Проблема кодификации «органических продуктов питания»: теоретико-методологические аспекты системного анализа и правового регулирования // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 97–107. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-97-107.

Дата поступления статьи: 17.02.2023, **дата рецензирования:** 01.03.2023, **дата принятия:** 13.03.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В современной аграрно-экономической науке в последние десятилетия активно обсуждаются вопросы, связанные с производством так называемых органических продуктов питания. В самой проблеме выделяются три главных аспекта: что считать органическими продуктами питания, каким требованиям должно соответствовать их производство и какую роль они играют в сохранении и укреплении здоровья человека?

Вопросы значимые. Но в последние несколько лет в их обсуждении обнаружилось некоторые негативные тенденции, которые в целом можно свести к следующему обстоятельству.

Во-первых, к размыванию научных дефиниций, используемых в процессе научных исследований и самой хозяйственной практике, к растущему несоответствию тех значений, которые им придаются конкретными авторами и субъектами хозяйственной практики, с одной стороны, и требований новой социальной реальности, с другой. Например, когда

сначала исключают использование «всякой химии» в их производстве, а затем начинают устанавливать ее предельно-допустимые концентрации (ПДК). Или когда сначала «вводят в обращение» один термин, как это происходило с экологическими чистыми продуктами питания, а затем его запрещают и начинают использовать новомодный термин «органические продукты питания». В условиях, когда число специальных терминов для обозначения качества и характера продовольственных товаров постоянно растет, возникает не только категориальная путаница, но и тенденция к надуманному обоснованию правомерности вновь появляющихся понятий. А ведь известно, что как корабль назовешь, так он и поплывет.

Во-вторых, опережающим и все более растущим отрывом от самой науки законодательного (юридического, правового) нормотворчества. Особенно по отношению к получаемым результатам аграрно-экономической науки, которая оказывается в положении, когда уже принятые правовые и нормативные акты приходится интерпретировать задним числом, выявлять между появляющимися в них терминами некие различия или, наоборот, доказывать их преемственность и разную степень имманентности. Все это сопряжено со снижением качества как самих законодательных актов, требующих все чаще утонения и дополнения, так и подзаконных (нормативных) регулятивных документов, и способствует растущему несоответствию содержания законов и правоприменительной практики, а кроме того, девальвирует практико-ориентированную, прогностическую функцию самой науки как таковой.

В-третьих, репродуктивным подходом к осмыслению и оценке достижений западной (да и в целом зарубежной) аграрно-экономической науки, многие из которых просто копируются и слепо переносятся на наши условия и в наукообразной форме распространяются в научном лексиконе, засоряя его.

Если сначала за рубежом активно развивалось движение за производство «экологически чистых продуктов питания» (Р. Мак Кариссон, Ф. Тернер, А. Ховард и др.), то собственно «органическое движение» началось только с 1900-х гг. и вылилось в создание Международной федерации за органическое сельское хозяйство (1972). Среди пионеров этого направления на Западе можно назвать У. Джеймса (Великобритания), Дж. Родэйла (США) и др. Из современных представителей данного направления отметим А. Говарда, Ж. Буше, Р. Заноли, Дж. Купера, Дж. Пауэлла, Дж. Полла, и др.

Это движение активно пропагандирует особую идеологию, что ведет к созданию неких искусственных понятий и категорий, которые выдаются за научные термины.

Заявляя еще в 80-х гг. XX в. о том, что «понятие „иностранное слово“ неясно», известный советский и российский лингвист и филолог В. В. Колесов приводил слова русского философа Н. К. Михайловского, который говорил: «В науке в тех редких случаях, когда действительно говорится новое слово, одна из задач авторов нового слова состоит в том, чтобы примкнуть к одному из существующих уже течений, найти себе опору и оправдание в целом ряде предшествующих работ наблюдений, выводов. При этом о *новом слове*, собственно, даже не думают, оно является само собой. И страдаем от этого мы все» [1, с. 140].

Поэтому целью настоящего исследования является осмысление и табуирование наиболее распространенного в современной аграрно-экономической литературе, посвященной продовольственной тематике, термина «органические продукты питания», выяснение его природы, происхождения, смыслового контента и соответствия его формы содержанию, названия – самому смыслу.

Поскольку в науке порой получают долгосрочную прописку не научные термины, а силлогизмы, оксюмороны и разного рода симулякры, постольку уточнение данного понятия позволит, во-первых, сохранить и уточнить категориальный аппарат аграрно-экономической науки, во-вторых, сделать более адресной и эффективной продовольственную политику государства, в-третьих, конкретизировать теоретические, методологические и особенно практические рекомендации ученых, занимающихся проблематикой «органических продуктов питания».

Методология и методы исследования (Methods)

В исследовании использованы методы экспертно-аналитического, программно-целевого, структурно-функционального, системного, сравнительного, морфологического и компаративного анализа и оценки понятий «экологически чистые продукты», «биопродукты» и «органические продукты питания». Объектом исследования является феномен «органических продуктов питания», предметом – современное состояние продовольственной (правовой) политики в области производства и реализации «органических продуктов питания» в Российской Федерации.

Результаты (Results)

Феномен «органических продуктов питания» изначально был связан его авторами с благоприятной экологией и вопросами здорового питания. Никакие иные запросы со стороны общества не могут по своему значению сравниться запросами на здоровое питание и благоприятную окружающую среду. Поэтому смысловая увязка термина «органические продукты питания» с этими запросами обеспечила ему высокую популярность. В настоящее время рынок «органической продукции» оценива-

ется в 100 млрд евро [2], хотя эта цифра может быть и заниженной. В сфере производства этих продуктов по всему миру занято свыше 2,8 млн фермеров и 71,5 млн га земельных угодий. При этом, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), здоровый образ жизни складывается на 50 % из качественного и правильного питания, на 25–30 % из здоровой окружающей среды, на 20–25 % из наследственности и лишь на 5 % из медицины [2].

Вместе с тем, как показывает практика, далеко не всегда «органические продукты питания» предполагают здоровое питание и экологическую безопасность. Если качество, плодородие и устойчивость почвы, на которых выращиваются «органические продукты питания», еще можно более или менее эффективно регулировать на национальном и международном уровне, то с Мировым океаном, занимающим 70 % поверхности планеты и являющимся для многих стран важнейшим поставщиком «органических продуктов питания» (рыбы и морепродуктов), ситуация обстоит иначе. Масштабы его загрязнения связаны, прежде всего, с химическими пестицидами, антибиотиками, удобрениями, попадающими со стоками рек в моря, нефтяным загрязнением, загрязнением сточными водами, тяжелыми металлами и иными токсичными веществами, не говоря уже о пластиковом и прочем мусоре. Все это вместе взятое ведет к нарушению нормального функционирования биогеоценозов, в которых многие виды живых организмов просто погибают; к эвтрофикации и насыщению воды фосфором и азотом, что приводит к ее цветению и нарушению ее аэрации; к снижению биологической продуктивности и т. д. [3].

Таким образом, говорить о совпадении понятий «органические продукты питания», «здоровое питание», «здоровая экология» в таких условиях было бы по крайней мере опрометчиво. А имеющаяся мотивация для таких разговоров обусловлена действующим в условиях современной рыночной экономики законом максимизации прибыли и практикой недобросовестной конкуренции.

В современном законодательстве узаконено понятие «органические продукты питания». Так, в ФЗ № 280 «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 г. четко прописаны требования к производству «органических продуктов» [4]. С другой стороны, законодательство Российской Федерации не регламентирует использование маркировки «Bio», «Organic», «Eco», «натуральный», «фермерский», «диетический» и т. д. Это способствует тому, что отдельные производители используют данную маркировку на своей упаковке, не меняя при этом качество продуктов питания. Даже когда формально соблюдаются

установленные законом требования к производству «органических продуктов питания», которые регулируются уже подзаконными (нормативными) документами (например, по критериям хранения, условий доставки, дефрострации и т. д.), на выходе может оказаться совершенно «неорганический продукт питания».

Следует отметить, что перечисленные в ФЗ № 280 требования полностью соответствуют требованиям по производству «экологически чистых продуктов питания». Тогда возникает вопрос о том, в чем же состоит разница между ними. Зачем два разных правовых (юридических) понятия, если они вносят путаницу в понимание предмета обсуждения?

Если же отсылать понимание «органического продукта питания» к сфере сертификации, то здесь вопрос становится еще более запутанным. Представим себе, что миллионы россиян, собственники своих шести огородных соток, выращивают у себя продукцию по всем требованиям законодательства, но продают ее на стихийных рынках без всяких сертификатов. Что это будет: «органическая» продукция или нет? По факту – да, по форме – нет.

И поскольку налицо ситуация, когда на продовольственном рынке не учитывается «органическая продукция» подобного рода, может быть, еще и поэтому рыночный сегмент производства и присутствия на нем органических продуктов не превышает 2 % [5]. А такой показатель (об это скажет любой ответственный статистик) находится в пределах статистической погрешности. Так, может, и нет никаких «органических продуктов», а есть просто «экологически чистые продукты»?

В научной литературе эта путаница только усугублена наличием других производных понятий, таких как «натуральный продукт», «фермерский продукт», «биопродукт», «естественный продукт», «природный продукт» и пр. [6]. Часто авторы пишут об одном продукте, а в названии исследования – другое понятие [7]. Одни авторы пытаются показать различия между ними, например, когда утверждают, что «органическая пища всегда вкуснее натуральной», но это – еще один миф, поскольку хорошо известно, что на вкус и цвет товарищей нет. И простым добавлением усилителя вкуса производитель превращает продукт уже не в органический, а выдает за «органический».

Или когда отмечают, что в производстве «органических продуктов питания» антибиотики не применяются или используют только по назначению врача, а употребление органических продуктов может положительно влиять на состояние здоровья [8]. Но ведь такая продукция может и негативно влиять на организм, а присутствующие в ней «присадки» антибиотиков, даже допущенные по «назначению врача», от этого более полезными не становятся.

Таблица 1

Отличительные признаки в производстве различных продуктов

Применение в производстве	Индустриальные продукты	Фермерские продукты	Органические продукты
Антибиотики	Да	Возможно	Нет
Стимуляторы роста	Да	Возможно	Нет
Пестициды	Да	Возможно	Нет
ГМО	Да	Возможно	Нет
Искусственные добавки	Да	Возможно	Нет
УФ-облучение	Да	Возможно	Нет

Примечание. *Данные с официального сайта Национального органического союза URL: <https://rosorganic.ru/about/press/what-is-organic-food.html>.

Экономика

Table 1

Distinctive features in the production of various products

Application in production	Industrial products	Farm products	Organic products
Antibiotics	Yes	Maybe	No
Growth stimulants	Yes	Maybe	No
Pesticides	Yes	Maybe	No
GMO	Yes	Maybe	No
Artificial additives	Yes	Maybe	No
UV-irradiation	Yes	Maybe	No

Note. *Data from the official website of the National Organic Union URL: <https://rosorganic.ru/about/press/what-is-organic-food.html>.

Другие авторы вообще употребляют разные понятия и маркировки через запятую, как синонимы. Например, отождествляя «органическое», «экологическое» и «биологическое» сельское хозяйство. Тем более что требования по производству «органических продуктов питания», предусмотренные ГОСТ 33980-2016, соблюдаются и при производстве «экологически чистых продуктов питания», и «биопродуктов» и т. д. А общие рассуждения о том, что «на сегодняшний день „органический“ – это единственный законодательно закрепленный термин, характеризующий чистую еду, то есть произведенную не в рамках индустриально-химической модели сельского хозяйства» [9], мало у кого вызывают оптимизм.

«Борьба мнений», за которой стоят конкретные продовольственные корпорации в этом вопросе, негативно отражается и в продовольственной политике государства, когда, например, в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078.01 запрещается использование маркировки «экологически чистые продукты питания» [10]. Этот же запрет содержит и ГОСТ Р 51074.2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования», также запрещающий маркировку «экологически чистый продукт».

Таким образом, в России на государственном уровне не закреплено понятие «экологически чистый продукт», хотя данный термин вполне легально и открыто используется в отдельных регионах страны. Например, в Татарстане, где еще в 2007 г. была принята и утверждена Постановлением Правительства республиканская Концепция экологической безопасности [11, с. 55]. Или в Свердловской области, где еще в 2008 г. одна из птицефабрик вы-

пустила на рынок свою продукцию с маркировкой «экологически чистый». За последние 10–15 лет в этом вопросе мало что изменилось. Сложилось и существуют как бы две экономические и юридические параллельные реальности.

Все это – доказательство того, что в действующем законодательстве и нормативно-правовой базе нет четкого понимания используемых терминов, нет их единой трактовки, что давно уже «назрела необходимость не только научного, но и юридического урегулирования данного вопроса» [12, с. 83].

Третьи авторы ссылаются на определенные пропорции и допущения в различиях между «органической» и «экологической» продукцией. Например, со ссылкой на СанПин 2.3.2.2354.08 утверждают, что в производстве «органической продукции» доля органического сырья должна быть не менее 80 % [13, с. 226]. Как будто другие 20 % не превращают «органическую продукцию» в качественно другой ее вид.

Ссылки на международные авторитеты также вряд ли убедительны. В международной практике принято, что «органическая продукция (биопродукты) – это продукция, получаемая в результате ведения сертифицированного органического производства в соответствии с требованиями стандартов и правил органического производства» [14]. При этом в разных странах и регионах мира требования к производству органических продуктов разные. Так, в США выделяют три категории подобных продуктов:

1) на 100 % органический продукт – продукт, полностью произведенный из органических ингредиентов по сертифицированным технологиям;

2) органический продукт – продукт, произведенный не менее чем из 95 % органических ингредиентов;

3) продукт, произведенный из органических ингредиентов, – продукт, произведенный не менее чем из 70 % органических ингредиентов со строгим соблюдением ограничений в отношении остальных 30 %, в том числе запрещено использование ГМО (генетически модифицированных организмов) [15; 16].

О существующих требованиях к производству «органических продуктов» в Российской Федерации можно привести следующие данные (таблица 1)

Исходя из этих различий, которые на практике, однако, далеко и порой на вполне конкретной нормативной базе не всегда соблюдаются, делается вывод о том, что отождествление понятий «биопродукт», «экопродукт», «фермерский продукт» и «органический продукт» – это миф. Правда, ссылаются при этом не на сам продукт, а на этикетку, подчеркивая: «Важно понимать, что все эти понятия не являются взаимозаменяемыми. Например, слово „натуральный“ на этикетке продукта означает, что он не содержит искусственных красителей, ароматизаторов или консервантов. Однако такая пометка не имеет отношения к методам и материалам, которые использовались при производстве сырья и самих продуктов» [17]. Более чем странное утверждение.

При внимательном отношении к данному утверждению оказывается, что мифом является не тождество между понятиями «органический продукт», «экологический продукт» или «биопродукт», а смысл самого приведенного заявления. Манипуляция сознанием в данном случае связана с тем, что адресату (потенциальному потребителю) внушают, будто бы «натуральный продукт» – это продукт «чистый», но все-таки не «органический», так как неизвестно, с помощью каких методов и материалов он произведен.

Нечто подобное происходит и с современными «органическими продуктами питания», которые, как оказывается, вполне «органичны» и при этом могут быть вполне токсичны; стоят дорого, рекламируются повсеместно, но порой оказываются опасны для жизни больше, чем цикута или стрихнин. С известными ядами современная медицина научилась эффективно работать, а вот с мутированными – пока нет.

Так что нет ничего удивительного в том, что термин «органические продукты питания», несмотря на всю кажущуюся четкой и понятной его законодательную «кодификацию», оказывается на практике понятием размытым и наукообразным, а сама «органическая пища» не является более здоровой и полезной, чем продукты питания, произведенные с помощью удобрений и современных технологий. Когда специалисты из Великобритании

изучили более 52 000 статей, посвященных «органическим продуктам питания», опубликованным с 1958 по 2008 гг., они выяснили, что нет никаких доказательств того, что существует разница в содержании питательных и других веществ в «органических продуктах питания» и в пище, произведенной обычными методами [18].

Поэтому заслуживают внимания осторожные оценки, подобные следующей: «Все чаще признается, что между органическими и обычными продуктами питания могут быть различия в питательном составе, и есть доказательства потенциальных преимуществ потребления органических продуктов питания, полученные в ходе некоторых исследований на людях. Однако остается значительная неопределенность / разногласия относительно того, влияют ли и в какой степени эти различия в составе на здоровье человека» [19, с. 95].

Это тем более очевидно, что в России, например, сертификацией «органических продуктов питания» часто занимаются организации, которые выдают сертификаты, но при этом не являются аккредитованными сертифицированными. При этом они выдают сертификаты все тех же зарубежных компаний, который являются конкурентами для отечественных производителей. Среди подобных организаций – «Экологический союз Санкт-Петербурга», который выдает сертификат Kiwa BCS (Германия); «Эко-Контроль» (г. Солнечногорск), который выдает сертификаты зарубежных партнеров. На российскую продукцию выдают сертификаты украинская Organic Standard, которая имеет право выдавать свои сертификаты, как и Ecoglobe LTD (Армения) [20].

Очевидно, что в любом случае исходным в определении «органических продуктов питания» должно служить требование их экологической безопасности. И в этом отношении представляются перспективными стандарты ИСО 14040 и ИСО 14001, которые нацелены на организацию экологического менеджмента, т. е. на создание практических экологически необходимых условий производства таких продуктов. За рубежом достаточно давно и успешно используются аналогичные маркировки: «Голубой ангел» в Германии, «Белый лебедь» в скандинавских странах, «Зеленая печать» в США, «Евроцветок» в странах Евросоюза и т. д. [21, с. 55].

Имеющиеся на текущий момент исследования в области производства органических продуктов [21–23] пока слабо отражают требование их экологической безопасности. А ведь именно это требование напрямую связано с Национальной концепцией продовольственной безопасности Российской Федерации и потому должно быть базовым правовым основанием для определения и маркировки продовольственных товаров.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Согласно определению Международной федерации движения за органическое сельское хозяйство (IFOAM), теоретически в основе производства «органической продукции» во всем мире лежат четыре главных принципа: здоровье, экология, справедливость и ответственность производителя.

Наряду с этим предусматриваются и определенные стандарты в производстве «органических продуктов питания»: экологичная среда для производства таких продуктов; их натуральный характер; повышенная пищевая ценность; вкусовые характеристики; экологическая переработка и обработка; наличие соответствующих сертификатов [24].

В Российской Федерации «органические продукты» рассматриваются как результат деятельности органического сельского хозяйства – «производственной системы, которая улучшает экосистему, сохраняет плодородие почвы, защищает здоровье человека и, принимая во внимание местные условия и опираясь на экологические циклы, оберегает биологическое разнообразие, не используя компоненты, способные нанести вред окружающей среде»¹.

Однако эти нормы, принципы и стандарты имеют достаточно общий характер и могут интерпретироваться по-разному. Поэтому явно недостаточно суждение о том, что «ключевым в развитии органического сельского хозяйства является менеджмент экосистем, включающих не только сферу экологии, но и экономические и социальные сферы» [25, с. 99]. Так, та же «экологичная среда» для производства органических продуктов питания в каждой стране или регионе определяется собственными национальными условиями и правовыми актами, имеющими приоритетное значение перед международными регуляторами. Соответственно, даже если та или иная страна присоединяется к международным конвенциям, это не означает, что в этой стране изменится климат или реки потекут вспять. То же самое касается и сертификатов, которые представляют собой продукт нормотворчества конкретных субъектов, чаще всего непосредственно не связанных с самим производством «органических продуктов питания», но так или иначе связанных с крупными ТНК, чьи интересы они лоббируют.

В связи с этим необходима более четкая правовая унификация терминологии касательно производства продуктов питания с их последующей нормативной кодификацией. И в этом процессе особое внимание необходимо уделить характе-

ристикам экологической безопасности продуктов питания. Что же касается термина «органический продукт», то он до сих пор остается явно неточным, неудачным и нечетким, допускающим разночтения и даже внутренние противоречия. Так, рассуждая об «органических продуктах питания», отдельные авторы продолжают иметь в виду «экологически чистые продукты питания», никак их не различая [26].

По существу, сегодня «органический пищевой продукт» является синонимом «натурального пищевого продукта», поскольку если «органический продукт питания» произведен «без химии», то он является по факту натуральным, но вовсе не «экологически чистым». Органика (даже токсичная) может попасть в него и помимо воли конкретного производителя, например, извне, с кислотными дождями, заражением вод, пандемиями (чумы, холеры и др.) или иными событиями.

Но главное состоит в том, что со стороны потребителя спрос формируется по большому счету именно на «экологически безопасный продукт» или «экологически чистый продукт», а отнюдь не на «органический продукт». Об этом пишут многие авторы [27–30]. Характерен в этом отношении следующий вывод: «Рынок экологически чистой сельскохозяйственной продукции в нашей стране динамично развивается. В России рынок органики только начал формироваться. Пока только 2–3 % россиян покупают такие продукты. Это говорит об огромном отложенном спросе, который требует более детального изучения, экологически чистые продукты в нашей стране главным образом покупают для семьи» [31, с. 252]. Налицо отождествление «органических» и «экологических» продуктов.

В связи с этим необходима корректировка маркировки «органических продуктов питания» и внесение корректив в требования, предъявляемые к ним в области экологической безопасности, поскольку сами по себе такие продукты могут по разным причинам экзогенного и эндогенного характера оказаться хотя и вполне «органическими», но опасными для здоровья конкретных категорий потребителей (аллергиков, язвенников, лиц, больных другими хроническими заболеваниями, а также и для вполне здоровых людей).

В силу достаточно широкого распространения разного рода эрзацев и подделок на рынке «органических продуктов питания» становится недостаточно простой смены эталонов маркировки и сертификационных изменений. Своевременным и целесообразным представляется ужесточение правовой ответственности лиц, виновных в совершении данных правонарушений, вплоть до уголовной ответственности в случаях нанесения вреда здоровью потребителя. Необходимо чет-

¹ ГОСТ 56104-2014. Продукты пищевые органические. Термины и определения [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200113488> (дата обращения: 13.02.2023).

ко квалифицировать такие правонарушения по ст. 111, 112 и 115 УК РФ «Умышленное причинение тяжкого вреда здоровью», «Умышленное причинение средней тяжести вреда здоровью» и «Умышленное причинение легкого вреда здоровью» и исключить любые «смягчающие обстоятельства», позволяющие в случае намеренного производства и осознанного распространения опасной «органической продукции» под не соответствующей ее качеству маркировкой использовать ст. 118 «Причинение тяжкого вреда здоровью по неосторожности».

Представляется также целесообразным дополнить и уточнить структуру принятой ООН «Классификации основных продуктов» (СРС, версия 1.1) [32] и наряду с уже используемыми терминами «основные продукты», «пищевые продукты», «продукты питания», «природные продукты» и т. д. включить в него (секция 1, разделы 21, 22, 23 и 24) понятия «органические продукты питания», «экологически чистые (безопасные) продукты питания» с четким (универсальным) их определением. Это же было бы полезно сделать и в отношении действующей в нашей стране Общей классификации продуктов питания, в которой используются понятия «натуральный пищевой продукт», «традиционный пищевой продукт», «диетиче-

ский продукт», «специализированный продукт питания», «обогащенный продукт», «продукт лечебно-профилактического назначения» и др., но отсутствуют понятия «органический продукт питания» и «экологически чистый (безопасный) продукт питания».

Аналогичным образом следует поступить и с ГОСТ Р 51074-2003 (Группа Н09), введенным в Российской Федерации с 2005 г., в котором в разделе «Общие понятия» было бы рациональным зафиксировать названные выше категории продуктов питания (продовольственных товаров) с их единым толкованием.

Наконец, необходимо сделать более объективной статистику пищевых отравлений, поскольку «до сих пор существует проблема пищевых отравлений, которая в последние годы имеет весьма негативные и самые плачевные последствия» [33]. На сегодняшний день статистика пищевых отравлений «по существу вуалирует истинное положение дел в области потребления пищевых продуктов» [34, с. 17], официальная статистика в России по заболевшим и умершим от пищевых отравлений либо отсутствует, либо носит противоречивый характер. Цифры подобного рода в полном объеме не принято размещать на сайтах Роспотребнадзора, Минздрава или Росстата.

Библиографический список

1. Колесов В. В. Культура речи – культура поведения. Ленинград: Лениздат, 1988. 271 с.
2. История органического сельского хозяйства [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственные вести. 2020. URL: <https://agri-news.ru/tolko-na-sajte/istoriya-organicheskogo-selskogo-hozyajstva> (дата обращения 13.02.2023).
3. Загрязнение Мирового океана [Электронный ресурс] // Русское географическое общество. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/zagryaznenie-mirovogo-okeana> (дата обращения: 13.02.2023).
4. Федеральный закон «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 280 (последняя редакция) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017 (дата обращения: 13.02.2023).
5. Рущицкая О. А. Рынок органических продуктов питания: зарубежный и отечественный опыт и приоритеты его развития в России // European social science journal. 2017. № 11. С. 88–94.
6. Сертификация органических продуктов питания [Электронный ресурс]. URL: <http://chinalogist.ru/book/articles/analitika/sertifikaciya-organicheskikh-produktov> (дата обращения: 13.02.2023).
7. Особенности производства органических продуктов питания [Электронный ресурс]. URL: <https://f-o-o-d.ru/blog/polezno-i-interesno/osobennosti-proizvodstva-organicheskikh-produktov-pitaniya> (дата обращения: 13.02.2023).
8. Органические и натуральные продукты: в чем разница [Электронный ресурс]. URL: <https://plus-one.ru/manual/2022/03/24/organicheskie-i-naturalnye-produkty-v-chem-raznica> (дата обращения: 13.02.2023).
9. Камиллов М. К., Камилова П. Л., Камилова З. М., Эминова Э. М. Органическая продукция сельского хозяйства: одно из актуальных направлений экологизации АПК // Региональные проблемы преобразования экономики. 2017. № 5 (79). С. 20–30.
10. Ольговская А. Органические продукты: что это и в чем их отличие от «экологических» и «фермерских» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.glamour.ru/diet/organicheskie-produkty-chto-eto-i-v-chem-ih-otlichie-ot-ekologicheskikh-i-fermerskih> (дата обращения: 13.02.2023).
11. Григорьян Б. Р., Кольцова Т. Г., Сунгатуллина Л. М., Андреева А. А. Методические подходы к разработке системы сертификации органической сельскохозяйственной продукции в Республике Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 2 (2). С. 54–59.

12. Леонтьев М. С., Овсянников Ю. А. К вопросу о содержании понятия «экологически чистые продукты питания» // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4 (83). С. 82–84.
13. Николаева М. А., Калугина С. А., Карташов Л. В. Анализ российского рынка органических продуктов питания // СТЭЖ. 2016. № 1 (22). С. 226–230.
14. Международная федерация движений экологического сельского хозяйства (JFOAM) [Электронный ресурс]. URL: <https://test.org.ua/usefulinfo/food/info/63> (дата обращения: 13.02.2023).
15. Organic Products [Электронный ресурс]. URL: <http://www.inspection.gc.ca> (дата обращения: 13.02.2023).
16. Biotechnology and food safety. Report of Joint FAO/WHO Consultation. No. 61. Rome, 1996. 124 p.
17. Органические продукты: как не ошибиться при выборе [Электронный ресурс]. URL: <https://plus.one.ru/manual/2021/09/07/organicheskie-produkty-kak-ne-oshibitsya-pri-vybore> (дата обращения: 13.02.2023).
18. Химикаты не повредят [Электронный ресурс] // Газета.ru. URL: https://www.gazeta.ru/science/2009/07/30_a_3229419.shtml (дата обращения: 13.02.2023).
19. Колесникова Е. А. Влияние органических продуктов на качество жизни // Научные известия. 2022. № 29. С. 93–97.
20. Айвазян М. Г. Особенности поведения потребителей на рынке органических продуктов питания [Электронный ресурс]. URL: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/13540/1/VKR_Ajvazyan_Meri_Gajkovna.docx (дата обращения: 13.02.2023).
21. Белова И. Н., Карслянц Е. А. Рынок органических продуктов: мировые тенденции и перспективы развития в России [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-organicheskikh-produktov-mirovye-tendentsii-i-perspektivy-razvitiya-v-rossii/viewer> (дата обращения: 13.02.2023).
22. Донскова Л. А., Зуева О. Н., Беляев Н. М. Мясо птицы как продукт органического производства: состояние, проблемы и управленческие решения // Фундаментальные исследования. 2018. № 1. С. 64–70.
23. Елимахова Е. Э., Барсукова Т. И., Ивашова В. А. Органические продукты питания: ожидания молодого поколения россиян // Село России. 2018. № 1. С. 84–90. DOI: 10.22162/2658-5987-2018-1-84-90.
24. Коваль Л. Архитектура питания: эко- био-, натуральные и органические продукты [Электронный ресурс]. URL: <https://porusski.me/2021/03/25/05-arhitektura-pitaniya-eco-bio-naturalnie-i-organicheskie-producti> (дата обращения: 13.02.2023).
25. Рябчикова Н. Н. Управление развитием органического сельского хозяйства в России на основе кластерного подхода // Продовольственная политика и безопасность. 2020. Т. 7. № 2. С. 97–106. DOI: 10.18334/ppib.7.2.110184.
26. Воробьев Н. Н., Агаркова Л. В. Механизм регулирования рынка экологически чистой продукции в региональном аспекте // Продовольственная политика и безопасность. 2020. Т. 7. № 4. С. 243–258. DOI: 10.18334/ppib.7.4.111208.
27. Горшков Д. В. Рынок экологически чистых продуктов: зарубежный опыт и перспективы России [Электронный ресурс] // Маркетинг в России и за рубежом. 2018. № 6. URL: <http://www.mavriz.ru/articles/2004/6/3494.html> (дата обращения: 13.02.2023).
28. Рущицкая О. А., Носкова К. В., Фетисова А. В., Желвис С. А. Рынок экологически чистых продуктов в России // Московский экономический журнал. 2019. № 4. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-14031.
29. Гуляева В. Проблемы развития российского рынка экологически чистой продукции [Электронный ресурс] // Старт в науку. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000516385> (дата обращения: 13.02.2023).
30. Копыркин А. Д. Анализ экономического потенциала и особенности российского рынка органически чистых продуктов питания // Молодой ученый. 2020. № 52 (342). С. 326–328.
31. Ковальчук А. П., Милорадов К. А. Производство чистых продуктов в условиях экологизации аграрного сектора экономики // Продовольственная политика и безопасность. 2021. Т. 8. № 3. С. 249–261. DOI: 10.18334/ppib.8.3.112312.
32. Классификация основных продуктов (CPC). Версия 1.1. Статистические документы [Электронный ресурс]. Нью-Йорк: Организация Объединенных Наций, 2005. 756 с. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank> (дата обращения 13.02.2023).
33. Доценко В. А., Кононенко И. А. Актуальные вопросы безопасного питания // Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». 2011. № 12. 24 с.
34. Давлетшина Л. А., Карманов М. В. Актуальные вопросы статистики пищевых отравлений // Вестник Академии предпринимательства. 2020. № 3. С. 16–21.

Об авторах:

Борис Александрович Воронин¹, доктор юридических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института аграрно-экологических проблем и управления сельским хозяйством, ORCID 0000-0002-0912-7839, AuthorID 574258; voroninba@yandex.ru

Яна Викторовна Воронина¹, кандидат экономических наук, доцент Научно-исследовательского института аграрно-экологических проблем и управления сельским хозяйством, ORCID 0000-0002-4271-6264, AuthorID 874832

Дмитрий Константинович Стожко², кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры креативного управления и гуманитарных наук, ORCID 0000-0003-3186-877X, AuthorID 709934; *d.k.stozhko@mail.ru*

Константин Петрович Стожко¹, доктор исторических наук, кандидат экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института аграрно-экологических проблем и управления сельским хозяйством, ORCID 0000-0001-6139-8030, AuthorID 443558; *kostskp@mail.ru*

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

The problem of codification of “organic food”: theoretical and methodological aspects of system analysis and legal regulation

B. A. Voronin¹, Ya. V. Voronina¹, D. K. Stozhko², K. P. Stozhko¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

² Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: *kostskp@mail.ru*

Abstract. The purpose of the study is to analyze and evaluate theoretical and methodological approaches to the interpretation of the concept of “organic food” and its use in economic practice. The objectives of the study are: to determine the essence and content of the concept of “organic food”; assessment of the practice of its use in labeling; identifying its inherent internal contradictions and its relationship with other terms (“bioproduct”, “ecologically clean product”, “natural product”, etc.). **Methods.** Methods of expert-analytical, program-targeted, structural-functional, systemic, comparative, morphological and comparative analysis and evaluation of the concepts of “environmentally friendly products”, “bioproducts” and “organic food” were used. **Scientific novelty** consists in identifying and critically analyzing the causes and consequences of contradictions regarding the practice of using the label “organic food” and substantiating the need for their adjustment in accordance with the National Doctrine of Food Security of the Russian Federation. **The theoretical and methodological significance** of the study lies in the clarification and definition of the necessary scientific approaches to the categorical apparatus in the field of food issues. **The practical significance of the study** is determined by the real nature of consumer demand for “environmentally safe food” and consists in the possibility of using the proposed recommendations to improve such safety and further develop a culture of consumption.

Keywords: bioproduct, natural product, food product, environmentally friendly product, environmentally friendly product.

For citation: Voronin B. A., Voronina Ya. V., Stozhko D. K., Stozhko K. P. Problema kodifikatsii “organicheskikh produktov pitaniya”: teoretiko-metodologicheskie aspekty sistemnogo analiza i pravovogo regulirovaniya [The problem of codification of “organic food”: theoretical and methodological aspects of system analysis and legal regulation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 97–107. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-97-107. (In Russian.)

Date of paper submission: 17.02.2023, **date of review:** 01.03.2023, **date of acceptance:** 13.03.2023.

References

1. Kolesov V. V. Kul'tura rechi – kul'tura povedeniya [Culture of speech – culture of behavior]. Leningrad: Lenizdat, 1988. 271 p. (In Russian.)
2. Istoriya organicheskogo sel'skogo khozyaystva [History of organic agriculture] [e-resource] // Agricultural news. 2020. URL: <https://agri-news.ru/tolko-na-sajte/istoriya-organicheskogo-selskogo-xozyajstva> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
3. Zagryaznenie Mirovogo okeana [Pollution of the World Ocean] [e-resource] // Russian Geographical Society. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/zagryaznenie-mirovogo-okeana> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)

4. Federal'nyy zakon "Ob organicheskoy produktsii i o vnesenii izmeneniy v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii" ot 03.08.2018 No. 280 (poslednyaya redaktsiya) [Federal Law "On Organic Products and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" dated 03.08.2018 No. 280 (last edition)] [e-resource] // ConsultantPlus. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017 (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
5. Rushchitskaya O. A. Rynok organicheskikh produktov pitaniya: zarubezhnyy i otechestvennyy opyt i priority ego razvitiya v Rossii [Organic food market: foreign and domestic experience and priorities for its development in Russia] // European social science journal. 2017. No. 11. Pp. 88–94. (In Russian.)
6. Sertifikatsiya organicheskikh produktov pitaniya [Organic food certification] [e-resource]. URL: <http://chinalogist.ru/book/articles/analitika/sertifikatsiya-organicheskikh-produktov> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
7. Osobennosti proizvodstva organicheskikh produktov pitaniya. [Features of organic food production] [e-resource]. URL: <https://f-o-o-d.ru/blog/polezno-i-interesno/osobennosti-proizvodstva-organicheskikh-produktov-pitaniya> (date of reference 13.02.2023). (In Russian.)
8. Organicheskie i natural'nye produkty: v chem raznitsa [Organic vs natural foods: what's the difference] [e-resource]. URL: <https://plus-one.ru/manual/2022/03/24/organicheskie-i-naturalnye-produkty-v-chem-raznica> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
9. Kamilov M. K., Kamilova P. L., Kamilova Z. M., Eminova E. M. Organicheskaya produktsiya sel'skogo khozyaystva: odno iz aktual'nykh napravleniy ekologizatsii APK [Organic agricultural products: one of the current trends in the ecologization of the agro-industrial complex] // Regional Problems of Transforming the Economy. 2017. No. 5 (79). Pp. 20–30. (In Russian.)
10. Ol'govskaya A. Organicheskie produkty: chto eto i v chem ikh otlichie ot "ekologicheskikh" i "fermerskikh" [Organic products: what is it and how do they differ from "ecological" and "farm" products] [e-resource]. URL: <https://www.glamour.ru/diet/organicheskie-produkty-chto-eto-i-v-chem-ikh-otlichie-ot-ekologicheskikh-i-fermerskikh> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
11. Grigor'yan B. R., Kol'tsova T. G., Sungatullina L. M., Andreeva A. A. Metodicheskie podkhody k razrabotke sistemy sertifikatsii organicheskoy sel'skokhozyaystvennoy produktsii v Respublike Tatarstan [Methodological approaches to the development of a certification system for organic agricultural products in the Republic of Tatarstan] [e-resource] // Russian Journal of Applied Ecology. 2015. No. 2 (2). Pp. 54–59. (In Russian.)
12. Leont'ev M. S., Ovsyannikov Yu. A. K voprosu o sodержanii ponyatiya "ekologicheskii chistye produkty pitaniya" [To the question of the content of the concept of "ecologically clean food products"] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 4 (83). Pp. 82–84. (In Russian.)
13. Nikolaeva M. A., Kalugina S. A., Kartashov L. V. Analiz rossiyskogo rynka organicheskikh produktov pitaniya [Analysis of the Russian organic food market] // STEZh. 2016. No. 1 (22). Pp. 226–230. (In Russian.)
14. Mezhdunarodnaya federatsiya dvizheniy ekologicheskogo sel'skogo khozyaystva (JFOAM). [International Federation of Organic Agriculture Movements (JFOAM)] [e-resource]. URL: <https://test.org.ua/usefulinfo/food/info/63> (data of reference 13.02.2023). (In Russian.)
15. Organic Products [e-resource]. URL: <http://www.inspection.gc.ca> (date of reference: 13.02.2023).
16. Biotechnology and food safety. Report of Joint FAO/WHO Consultation. No. 61. Rome, 1996. 124 p.
17. Organicheskie produkty: kak ne oshibit'sya pri vybore. [Organic products: how not to make a mistake when choosing] [e-resource]. URL: <https://plus.one.ru/manual/2021/09/07/organicheskie-produkty-kak-ne-oshibitsya-pri-vybore> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
18. Khimikaty ne povredyat [Chemicals will not hurt] [e-resource] // Gazeta.ru. URL: https://www.gazeta.ru/science/2009/07/30_a_3229419.shtml (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
19. Kolesnikova E. A. Vliyanie organicheskikh produktov na kachestvo zhizni [Influence of organic products on the quality of life] // Scientific news. 2022. No. 29. Pp. 93–97. (In Russian.)
20. Ayvazyan M. G. Osobennosti povedeniya potrebiteley na rynke organicheskikh produktov pitaniya. [Features of consumer behavior in the organic food market] [e-resource]. URL: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/13540/1/VKR_Ajvazyan_Meri_Gajkovna.docx (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
21. Belova I. N., Karslyants E. A. Rynok organicheskikh produktov: mirovye tendentsii i perspektivy razvitiya v Rossii. [Market of organic products: global trends and development prospects in Russia] [e-resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-organicheskikh-produktov-mirovye-tendentsii-i-perspektivy-razvitiya-v-rossii/viewer> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
22. Donskova L. A., Zueva O. N., Belyaev N. M. Myaso ptitsy kak produkt organicheskogo proizvodstva: sostoyanie, problemy i upravlencheskie resheniya [Poultry meat as a product of organic production: state, problems and management decisions] // Fundamental research. 2018. No. 1. Pp. 64–70. (In Russian.)

23. Elimakhova E. E., Barsukova T. I., Ivashova V. A. Organicheskie produkty pitaniya: ozhidaniya molodogo pokoleniya rossiyan [Organic food products: expectations of the young generation of Russians] // *Selo Rossii*. 2018. No. 1. Pp. 84–90. DOI: 10.22162/2658-5987-2018-1-84-90. (In Russian.)
24. Koval' L. Arkhitektura pitaniya: eko- bio-, natural'nye i organicheskie produkty. [Food architecture: eco-bio-, natural and organic products] [e-resource]. URL: <https://poruski.me/2021/03/25/05-arhitektura-pitaniya-eco-bio-naturalnie-i-organicheskie-producti> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
25. Ryabchikova N. N. Upravlenie razvitiem organicheskogo sel'skogo khozyaystva v Rossii na osnove klaster-nogo podkhoda [Management of the development of organic agriculture in Russia based on the cluster approach] // *Food Policy and Security*. 2020. Vol. 7. No. 2. Pp. 97–106. DOI: 10.18334/ppib.7.2.110184. (In Russian.)
26. Vorob'ev N. N., Agarkova L. V. Mekhanizm regulirovaniya rynka ekologicheskii chistoy produktsii v regional'nom aspekte [The mechanism of regulation of the market of environmentally friendly products in the regional aspect] // *Food Policy and Security*. 2020. Vol. 7. No. 4. Pp. 243–258. DOI: 10.18334/ppib.7.4.111208. (In Russian.)
27. Gorshkov D. V. Rynok ekologicheskii chistykh produktov: zarubezhnyy opyt i perspektivy Rossii [Market of environmentally friendly products: foreign experience and prospects in Russia] [e-resource] // *Marketing in Russia and abroad*. 2018. No. 6. URL: <http://www.mavriz.ru/articles/2004/6/3494.html> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
28. Rushchitskaya O. A., Noskova K. V., Fetisova A. V., Zhelvis S. A. Rynok ekologicheskii chistykh produktov v Rossii [Market of environmentally friendly products in Russia] // *Moscow Economic Journal*. 2019. No. 4. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-14031. (In Russian.)
29. Gulyaeva V. Problemy razvitiya rossiyskogo rynka ekologicheskii chistoy produktsii [Problems of development of the Russian market of environmentally friendly products] [e-resource] // *Start in science*. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000516385> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
30. Kopyrkin A. D. Analiz ekonomicheskogo potentsiala i osobennosti rossiyskogo rynka organicheskii chistykh produktov pitaniya [Analysis of the economic potential and features of the Russian market of organically pure food products] // *Young scientist*. 2020. No. 52 (342). Pp. 326–328. (In Russian.)
31. Koval'chuk A. P., Miloradov K. A. Proizvodstvo chistykh produktov v usloviyakh ekologizatsii agrarnogo sektora ekonomiki [Production of clean products in the conditions of ecologization of the agrarian sector of the economy] // *Food Policy and Security*. 2021. Vol. 8. No. Pp. 249–261. DOI: 10.18334/ppib.8.3.112312. (In Russian.)
32. Klassifikatsiya osnovnykh produktov (SRS). Versiya 1.1. Statisticheskie dokumenty [Classification of main products (CPC). Version 1.1. Statistical documents] [e-resource]. New-York: United Nations Organisation, 2005. 756 p. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank> (date of reference: 13.02.2023). (In Russian.)
33. Dotsenko V. A., Kononenko I. A. Aktual'nye voprosy bezopasnogo pitaniya [Topical issues of safe nutrition] // *Supplement to the journal "Life safety"*. 2011. No. 12. 24 p. (In Russian.)
34. Davletshina L. A., Karmanov M. V. Aktual'nye voprosy statistiki pishchevykh otravleniy [Topical issues of food poisoning statistics] // *Bulletin of the Academy of Entrepreneurship*. 2020. No. 3. Pp. 16–21. (In Russian.)

Author's information:

Boris A. Voronin¹, doctor of law, professor, director of the Research institute of agrarian and environmental problems and agricultural management, ORCID 0000-0002-0912-7839, AuthorID 574258; voroninba@yandex.ru

Yana V. Voronina¹, candidate of economic sciences, associate professor of the Research institute of agrarian and environmental problems and agricultural management, ORCID 0000-0002-4271-6264, AuthorID 874832

Dmitriy K. Stozhko², candidate of philosophy, associate professor of the department of creative management and humanities, ORCID 0000-0003-3186-877X, AuthorID 709934; d.k.stozhko@mail.ru

Konstantin P. Stozhko¹, doctor of historical sciences, candidate of economical sciences, professor, chief researcher of the Research institute of agrarian and environmental problems and agricultural management, ORCID 0000-0001-6139-8030, AuthorID 443558; kostskp@mail.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

² Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

Формирование системы индикаторов оценки агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации

В. С. Паштецкий¹, Р. Р. Тимиргалеева^{1,2,3✉}, М. В. Вердыш¹

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

² Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия

³ Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

✉ E-mail: renatimir@gmail.com

Аннотация. Развитие АПК региона в условиях цифровой экономики невозможно без проведения комплексной оценки агропромышленного потенциала, на основании которой будут приняты обоснованные управленческие решения. **Целью** настоящей работы является выявление специфики агропромышленного потенциала региона и разработка системы индикаторов для его оценки в условиях цифровой трансформации АПК. Решение данного вопроса основано на применении современного инструментария экономико-математического моделирования. В работе использованы такие **методы** исследования, как обобщение и синтез, системный анализ, моделирование и оптимизация. **Научная новизна.** Предложен обобщенный метод оценки агропромышленного потенциала в направлении его цифровой трансформации и алгоритм определения критерия экономического роста субъекта АПК при управлении развитием его цифрового потенциала. **Результаты.** Выявлены основные аспекты анализа цифрового потенциала субъекта АПК, среди которых выделена ключевая роль ресурсного потенциала, отличающегося по направлениям и целям использования, что необходимо учитывать при разработке управленческих решений. Предложена модель ресурсной платформы агропромышленного комплекса региона, основанная на современных информационно-коммуникационных технологиях, реализация которой обеспечит эффективное управление ресурсным потенциалом. Представлена поэтапная схема анализа цифрового потенциала субъекта АПК, позволяющая выявить его возможности и показатели функционирования, отражающие уровень развития АПК региона. Обоснована необходимость повышения информационного обеспечения управленческой деятельности субъекта хозяйствования по трем направлениям: совершенствование процессов управления ресурсами, оптимизация их качества и объема, управление бизнес-процессами. Для определения критерия экономического роста отдельных субъектов АПК региона предложен алгоритм, позволяющий выявить источники и темпы такого роста. **Практическая значимость** исследования заключается в разработке системы индикаторов, позволяющих проводить оценку агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации, на основе чего будут направляться усилия государства и инвесторов на реализацию мер поддержки и регулирования процессов цифровизации отрасли. **Ключевые слова:** агропромышленный потенциал региона, цифровая трансформация, цифровой потенциал, ресурсы, индикаторы.

Для цитирования: Паштецкий В. С., Тимиргалеева Р. Р., Вердыш М. В. Формирование системы индикаторов и показателей оценки агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 108–120. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-108-120.

Дата поступления статьи: 20.02.2023, **дата рецензирования:** 03.03.2023, **дата принятия:** 13.03.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Развитие экономики региона невозможно без развития ее отраслей, в том числе агропромышленного комплекса (АПК), который занимает важное место не только в системе материального производства, но и в социально-экономическом развитии региона. Современные реалии требуют

принятия своевременных и экономически обоснованных управленческих решений в направлении цифровой трансформации АПК, для чего необходима комплексная оценка его потенциала, наличие актуальной, полной и достоверной информации относительного поведения субъектов АПК в процессе таких преобразований. Это требует опреде-

ления и анализа основных параметров цифровой трансформации АПК, которые характеризуются различными разновидностями его результатов и возможностей, и каждый из них требует своего измерения. При этом важно, чтобы при планировании процессов цифровой трансформации были учтены возможности каждого субъекта АПК, его потенциал, а также достигнуты запланированные показатели, отражающие уровень развития отрасли.

Такая оценка крайне важна не только для принятия обоснованных управленческих решений со стороны субъекта управления, который представляет собой органы государственного управления АПК региона, но и для других субъектов, интересы которых тем или иным образом касаются объекта управления. Для регионального агропромышленного комплекса такими субъектами выступают покупатели и потребители его продукции, поставщики, финансово-кредитные учреждения, конкуренты, налоговые и другие контролирующие органы [1–3]. Совершенно очевидно, что каждого из названных субъектов внешней среды АПК интересуют его отдельные способности и возможности, реализация которых может прямо или косвенно оказывать влияние на результаты деятельности соответствующих субъектов хозяйствования АПК.

Так, если речь идет о поставщиках сельскохозяйственной продукции, то для них представляет интерес информация, отражающая возможности приобрести у субъектов АПК определенные объемы продукции, своевременность расчетов за них и возможность осуществления поставок конечным потребителям. Интерес покупателей/потребителей продукции АПК заключается в объемах покупок, их качества, цены и потребительских характеристик. Для финансово-кредитных учреждений важным является возможности субъекта АПК привлекать и своевременно возвращать определенные объемы кредитных ресурсов. Конкурентов интересует способность субъектов адекватно реагировать на конъюнктуру рынка, что отражается на объемах сбыта продукции, ее цене и качестве [4].

Отдельный интерес информация о деятельности субъектов хозяйствования АПК представляет для органов государственной власти. Прежде всего речь идет о налоговых органах и фондах обязательного государственного социального страхования, которых интересует способность субъектов АПК выплачивать различные виды налогов и страховых платежей.

Таблица 1
Нормативно-правовая база цифровой трансформации АПК

Наименование документа	Дата принятия документа, номер
Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения»	16.07.1998 г., № 101-ФЗ
Федеральный закон «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения»	24.07.2002 г., № 101-ФЗ
Указ Президента Российской Федерации «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства»	21.07.2016 г., № 350
Указ Президента Российской Федерации № 204 от 07.05.2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период 2024 года»	07.05.2018 г., № 204
Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации)	28.07.2017 г., № 1632-р
Постановление Правительства Российской Федерации «О создании системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства»	07.03. 2008 г., № 157
Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 года»	29.06. 2016 г., № 1364-р
Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации	14.07.2012 г., № 717
Распоряжение правительства «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.»	29.12.2021 г., № 3971-р
Распоряжение Правительства «Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года»	08.09.2022 г., № 2567-р
Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» на период 2019–2024 гг.	2019

Table 1

Legal and regulatory framework for the digital transformation of the agro-industrial complex

<i>Document name</i>	<i>Document adaptation date, number</i>
<i>Federal law "On state regulation of ensuring the fertility of agricultural land"</i>	<i>16.07.1998, No. 101-FZ</i>
<i>Federal law "On the turnover of agricultural land"</i>	<i>24.07. 2002, No. 101-FZ</i>
<i>Decree of the President of the Russian Federation "On measures to implement the state scientific and technical policy in the interests of the development of agriculture"</i>	<i>21.07.2016, No. 350</i>
<i>Decree of the President of the Russian Federation "On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period of 2024"</i>	<i>07.05.2018, No. 204</i>
<i>Program "Digital Economy of the Russian Federation" (approved by order of the Government of the Russian Federation)</i>	<i>28.07.2017, No. 1632-o</i>
<i>Decree of the Government of the Russian Federation "On the creation of a system of state information support for agriculture"</i>	<i>07.03. 2008, No. 157</i>
<i>Order of the Government of the Russian Federation "On approval strategy for improving the quality of food products until 2030"</i>	<i>29.06. 2016, No. 1364-o</i>
<i>The State Program for the Development of Agriculture and the Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials and Food (approved by order of the Government of the Russian Federation)</i>	<i>14.07.2012, No. 717</i>
<i>Order of the Government of the Russian Federation "On approval of the strategic direction in the field of digital transformation of the sectors of the agro-industrial and fishery complexes of the Russian Federation for the period up to 2030"</i>	<i>29.12.2021, No. 3971-o</i>
<i>Order of the Government of the Russian Federation "On approval of the Strategy for the development of the agro-industrial and fishery complexes of the Russian Federation for the period up to 2030"</i>	<i>08.09.2022, No. 2567-o</i>
<i>Departmental project "Digital Agriculture" for the period 2019–2024</i>	<i>2019</i>

ЭКОНОМИКА

Такие органы государственной власти, как министерства и ведомства, осуществляя государственную политику управления, заинтересованы в реализации процессов цифровой трансформации подведомственной отрасли и экономики региона. Для органов государственной власти важно знать возможности субъектов отрасли получать доходы и прибыль, создавать добавленную стоимость, рабочие места, их экспортные возможности и прочие активности.

В успешной реализации цифровой трансформации АПК заинтересованы государственные органы власти всех уровней, о чем свидетельствует ряд механизмов, в том числе национальных проектов: ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» [2], национальная платформа цифрового государственного управления сельским хозяйством «Цифровое сельское хозяйство» с модулями «Агрорешения» и отраслевая электронная образовательная среда «Земля знаний», федеральная государственная информационная система «Семеноводство». Для эффективной реализации указанных механизмов субъекты хозяйствования АПК опираются на соответствующую нормативно-правовую базу (таблица 1).

Одним из условий и механизмов достижения поставленной цели является установление и достижение запланированных показателей [5], формирование которых также требует определения потенциала каждого из субъектов хозяйствования АПК.

При планировании реализации ведомственного проекта необходимо учесть уровень цифровой зрелости субъекта АПК. Но в любом случае требуются показатели, позволяющие сделать выводы, принять обоснованные управленческие решения и разработать эффективные сценарии цифровой трансформации отрасли.

Одной из сложностей является невозможность проводить комплексный анализ развития и применения современных информационно-коммуникационных технологий в АПК, что, в свою очередь, может привести к возникновению рисков принятия управленческих решений по вопросу стимулирования процессов цифровой трансформации субъектов АПК за счет средств государства. В этой связи требуется разработка эффективных подходов к определению уровня цифрового развития субъектов АПК, а также инструментарий оценки потенциала цифровых изменений на предприятиях отрасли, что позволит разработать оптимальный сценарий цифровой трансформации.

Методология и методы исследования (Methods)

Для решения поставленных задач были применены такие методы, как обобщение и синтез, системный анализ, моделирование, метод абстрагирования и оптимизации.

Результаты (Results)

Различные аспекты цифровой трансформации АПК рассмотрены в многочисленных исследованиях. Так, авторы работ [6–8] в своих исследованиях

доказывают, что цифровая трансформация АПК является организационно-экономической основой его инновационного развития. Авторы работы [5], исследуя понятие Agriculture 4.0, пришли к выводу, что данная категория представляет собой перспективную модель научно-технологического развития АПК. Обобщенная модель цифровой трансформации современного предприятия независимо от его профиля, а также общие проблемы управления и методология оценки цифровой трансформации промышленности представлены авторами работ [9; 10]. В работах [11–14] авторы аргументированно обосновывают актуальность и необходимость цифровизации экономики АПК, выделяя ключевые точки роста и критерии диагностики текущего состояния цифровизации отрасли. Автор работы [15] раскрыл проблематику оценки эффективности цифровизации АПК, исследуя зарубежный опыт постановки задач по цифровой трансформации АПК Австралии, представив при этом ключевые показатели эффективности применения информационно-аналитических инструментов. В свою очередь, специалисты ФГБНУ «Росинформагротех» предложили инструктивно-методическое издание по разработке регионального индекса цифровизации агропромышленного комплекса [16]. Возможности адаптации цифровых технологий для развития сельскохозяйственной сферы, а также направления цифровой трансформации АПК исследованы авторами работ [17; 18]. Представляют отдельный интерес исследования С. Б. Огнивцева [9], где автор обосновывает платформенные решения в отрасли, позволяющие получить экономический эффект. Кроме того, данные решения направлены на реализацию концепции научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [19]. Необходимость развития агропромышленного комплекса в цифровой среде на основе интеграционных процессов обоснована авторами данной публикации в работе [20].

Вместе с тем, несмотря на многочисленные и разноаспектные исследования вопросов цифровой трансформации АПК, собственные исследования авторов показали, что такой важный аспект, как агропромышленный потенциал, представляет собой достаточно сложную категорию и требует дальнейшего исследования. Являясь объективным условием производства, требующего использования основных видов ресурсов (земельных, трудовых, природных, материально-технических, финансовых), он отражает затратную сторону производственного процесса. Для формирования и оценки агропромышленного потенциала необходимо установить индикаторы, среди которых отметим показатели трудовых и природных ресурсов; показатели, характеризующие производственную и инновационную деятельность аграрных предприятий региона;

показатели относительной потенциальной выгоды аграрной отрасли региона.

Необходимым представляется комплексный подход к оценке агропромышленного потенциала, предполагающий исследование динамики его развития в направлении цифровой трансформации, формирования системы индикаторов и показателей оценки, анализа динамики и выявления тенденций в изменении при внедрении цифровых технологий, что, в свою очередь, требует разработки инструментария оценки потенциала цифровых изменений и построения множества сценариев цифровой трансформации. В качестве инструментария предлагается подход на основе использования интегральной оценки на основе расчета качественных или рейтинговых оценок отдельных его составляющих.

Одним из важных аспектов анализа цифрового потенциала субъекта АПК является его ресурсная база, ресурсный потенциал, который различается по направлениям использования:

- эксплуатационный – используемая в данное время часть ресурсов;
- инвестиционный – часть ресурсов, которая может быть вовлечена в организацию оптимальной деятельности субъекта АПК;
- резервный – не используемая в данное время и в ближайшем будущем часть ресурсного потенциала, по сути, внутренние возможности лучшего использования ресурсов, позволяющих увеличить объем производства, повысить качество произведенной продукции без вовлечения дополнительных средств.

Для установления взаимосвязи между отдельными видами ресурсов целесообразно их систематизировать на группы:

- природные;
- человеческие, в том числе интеллектуальные;
- материально-технические, в том числе инновационные;
- финансовые, в том числе инвестиционные;
- информационные, в том числе виртуальные;
- нематериальные.

Для эффективного управления ресурсным потенциалом предлагаем воспользоваться современными информационно-коммуникационными технологиями, представленными в виде ресурсной платформы АПК, представляющей собой совокупность ресурсов, связанных между собой в процессе агропромышленного производства (рис. 1).

Анализ цифрового потенциала субъекта АПК предлагается проводить в соответствии со схемой, представленной на рис. 2.

Движущей силой развития цифрового потенциала субъекта АПК является наличие современного информационно-коммуникационного обеспечения и готовность ИТ-подразделений к цифровой трансформации бизнеса [21], что позволяет усовершен-

ствовать процессы управления ресурсами, оптимизировать качество и объемы ресурсов, прозрачность всех бизнес-процессов и в итоге улучшить показатели экономической деятельности не только отдельного субъекта, но и всего АПК региона (таблица 2).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Совершенствование процессов управления развитием цифрового потенциала субъекта АПК на-

правлено на экономическое развитие субъекта хозяйствования, при котором темпы роста прибыли превышают темпы роста доходов и, соответственно, активов. В этой связи необходимо определить критерий экономического роста каждого отдельного субъекта АПК, а также признаки такого роста по показателю сверхприбыли, для чего предлагаем воспользоваться соответствующим алгоритмом (рис. 3).



Рис. 1. Схема взаимосвязи основных компонентов ресурсной платформы АПК региона

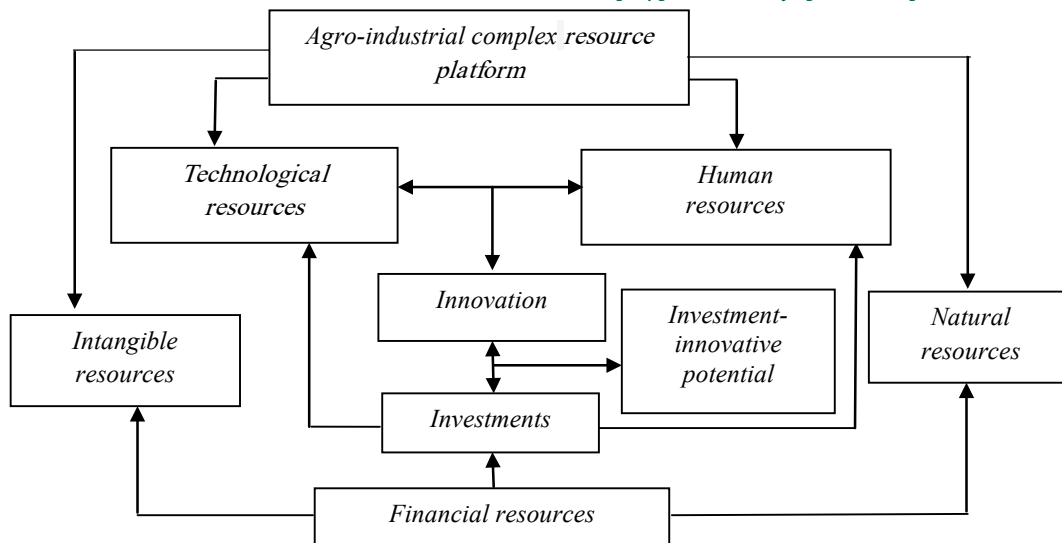


Fig. 1. Scheme of the relationship of the main components of the resource platform of the agro-industrial complex of the region

Таблица 2

Направления совершенствования управленческой деятельности субъекта хозяйствования

Повышение информационного обеспечения управленческой деятельности субъекта хозяйствования АПК		
Совершенствование процессов управления ресурсами	Оптимизация качества и объема ресурсов	Управление бизнес-процессами
– привлечение и использование ресурсов; – производство продукции; – перемещение и размещение ресурсов	– развитие внутренних свойств подсистем, ресурсов, активов и капитала; – развитие функциональных свойств субъекта; – развитие ключевого функционального свойства субъекта	– совершенствование управления бизнес-процессами; – реинжиниринг бизнес-процессов

Directions for improving the management activities of a business entity

Increasing the information support of the management activities of a business entity in the agro-industrial complex		
Improving resource management processes	Optimizing the quality and volume of resources	Business process management
<ul style="list-style-type: none"> – attraction and use of resources; – production of products; – moving and placing resources 	<ul style="list-style-type: none"> – development of internal properties of subsystems, resources, assets and capital; – development of functional properties of the subject; – development of the key functional property of the subject 	<ul style="list-style-type: none"> – improvement of business process management; – business process reengineering

Как видно из рис. 3, на входе поступает массив информации: $П0$, $П1$ – операционная прибыль субъекта АПК в базовом и отчетном периодах; $Д0$, $Д1$ – операционный доход субъекта АПК в базовом и отчетном периодах; $А0$, $А1$ – средняя величина активов субъекта АПК в базовом и отчетном периодах; $Н$ – норма прибыли инвестиций в цифровую трансформацию.

При определении обобщающего индикатора оценки динамики экономического развития субъекта АПК в краткосрочном периоде целесообразно использовать показатель сверхприбыли, определяемый разницей между величиной прибыли и вложенных инвестиций в цифровую трансформацию на норму прибыли, что отразим в показателе оцен-

ки динамики экономического развития субъекта в краткосрочном периоде:

$$Пэр = (П1 - А1 \cdot Н) - (П0 - А0 \cdot Н),$$

где $Пэр$ – показатель оценки динамики экономического развития субъекта АПК в краткосрочном периоде;

$П1$, $П0$ – прибыль субъекта АПК соответственно до и после реализации мероприятий по его цифровой трансформации;

$А1$, $А0$ – объем вложенных в цифровую трансформацию средств.

Таким образом, признаком экономического роста субъекта АПК в краткосрочном периоде будем считать рост годовой величины его сверхприбыли вследствие реализации мероприятий по цифровой трансформации.



Рис. 2. Схема анализа цифрового потенциала субъекта АПК

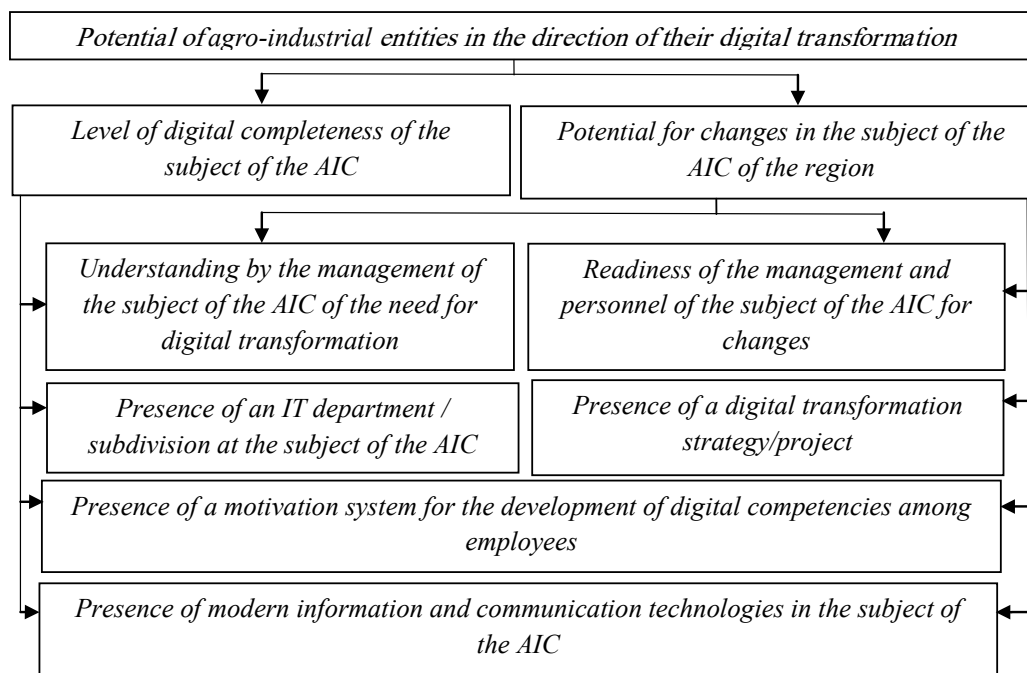


Fig. 2. Scheme for analyzing the digital potential of the subject of the agro-industrial complex

Таблица 3

Система индикаторов оценки агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации

Индикаторы	
Количественные	Качественные
1) чистый доход от реализации товаров, услуг, работ, в том числе полученный на основе применения цифровых технологий; 2) первичная стоимость активной части основных средств, в том числе ее прогрессивных элементов; 3) размер износа активной части основных средств; 4) первичная стоимость пассивной части основных средств; 5) величина износа пассивной части основных средств; 6) материальные затраты, в том числе на приобретение современных ИКТ, оборудования и т. п.; 7) объем необходимых инвестиций; 8) ожидаемый относительный прирост совокупных активов	1) использование широкополосного доступа в интернет; 2) сотрудники субъекта АПК, использующие интернет; 3) наличие веб-сайта; 4) использование специальных программных средств, в том числе систем электронного документооборота, электронно-справочных систем, системы осуществления финансовых расчетов в электронном виде, системы управления закупками, системы управления поставками; 5) использование цифровых технологий, в том числе облачные сервисы, технологии сбора, обработки и анализа больших данных, цифровые платформы, геоинформационные системы, интернет вещей, промышленные роботы и автоматизированные линии, «цифровой двойник»

Table 3

The system of indicators for assessing the agro-industrial potential of the region in the direction of its digital transformation

Indicators	
Quantitative	Qualitative
1) net income from the sale of goods, services, works, including those received through the use of digital technologies; 2) the primary cost of the active part of fixed assets, including its progressive elements; 3) the amount of depreciation of the active part of fixed assets; 4) the primary cost of the passive part of fixed assets; 5) the amount of depreciation of the passive part of fixed assets; 6) material costs, including the purchase of modern ICT, equipment, etc.; 6) the volume of necessary investments; 7) expected relative growth of total assets	1) use of broadband Internet access; 2) employees of the agro-industrial complex using the Internet; 3) availability of a website; 4) the use of special software, including electronic document management systems, electronic reference systems, electronic financial settlement systems, procurement management systems, supply management systems; 5) the use of digital technologies, including cloud services, technologies for collecting, processing and analyzing big data, digital platforms, geographic information systems, the Internet of things, industrial robots and automated lines, the "digital twin"

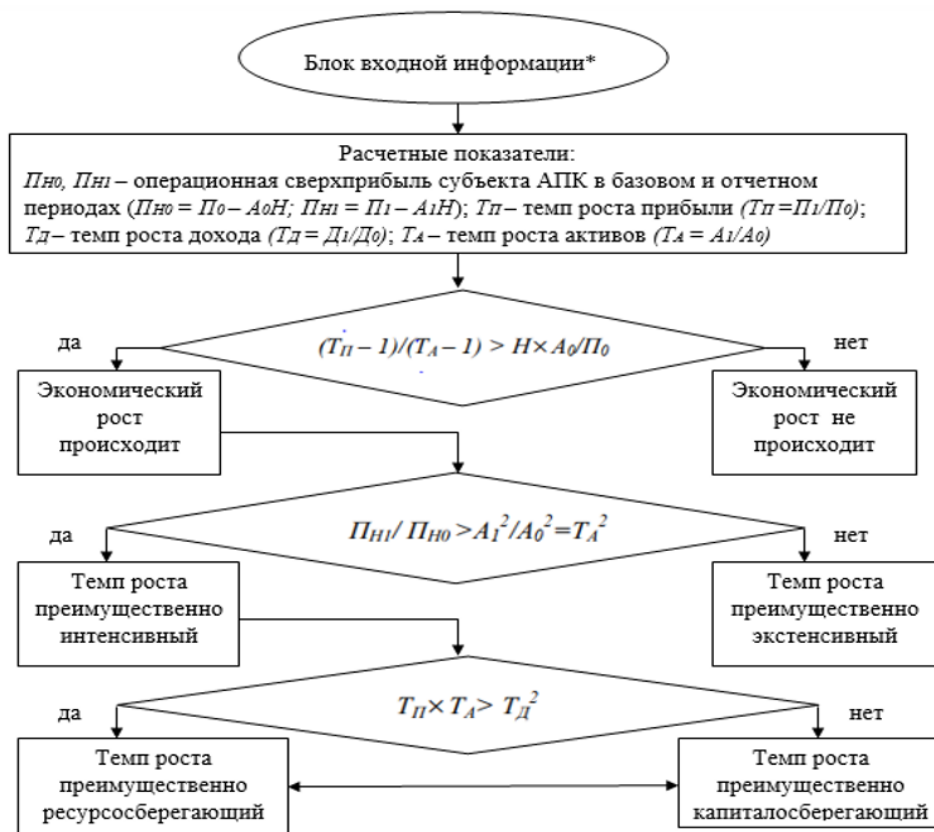


Рис. 3. Алгоритм определения критерия экономического роста субъекта АПК при управлении развитием его цифрового потенциала

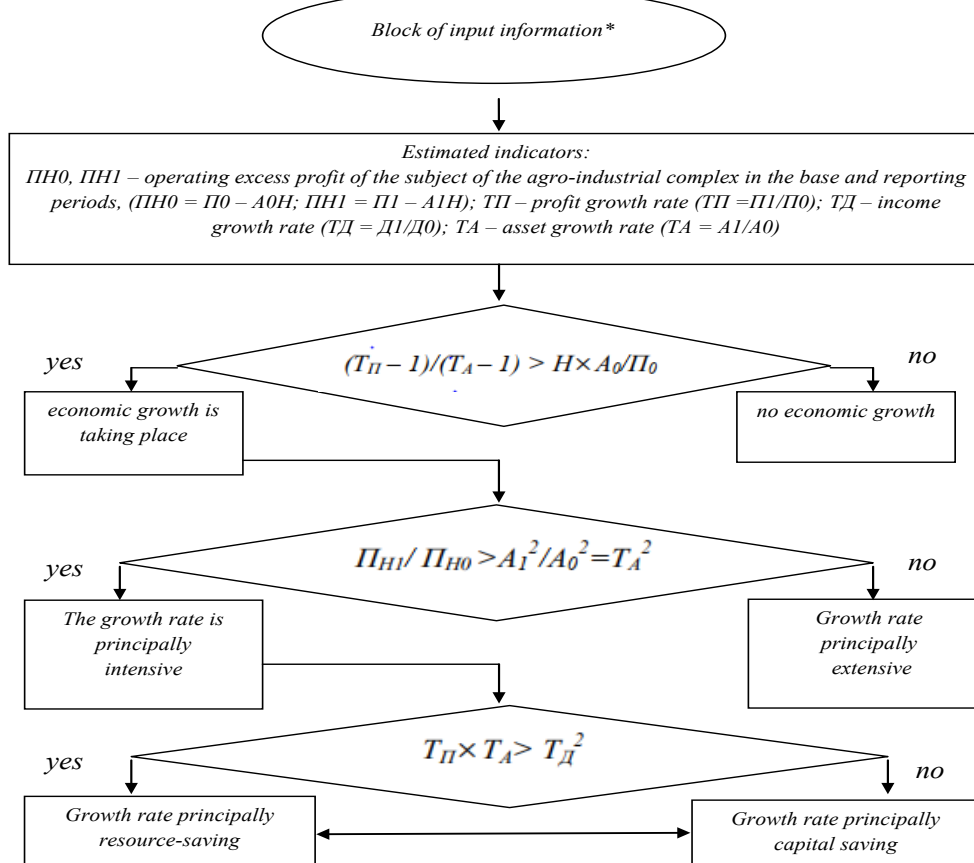


Fig. 3. Algorithm for determining the criterion for economic growth of an agro-industrial complex subject when managing the development of its digital potential

Однако для более полного и глубокого расчета динамики экономического развития субъекта АПК необходимо учесть данный показатель не только в краткосрочной перспективе, но и в долгосрочной. Это связано с тем, что процессы цифровой трансформации сами по себе требуют времени, а еще нужно время для получения результатов внедряемых цифровых технологий и решений, которые необходимо рассматривать с точки зрения инновационного развития субъекта хозяйствования.

Для подобной оценки также необходимо определиться с индикаторами и критериями оценки экономического эффекта от реализации субъектом АПК проектов и мероприятий по его цифровой трансформации. Для формирования системы индикаторов оценки агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации предлагается их сгруппировать в виде количественных и качественных (таблица 3).

Также одним из критериев может выступать ожидаемая прибыль от годовой операционной деятельности (абсолютная и относительная). В этом случае уровень цифрового развития субъекта в отчетном периоде по сравнению с базовым будет оцениваться как прирост операционной прибыли субъекта за счет внедрения современных информационно-коммуникационных (цифровых) технологий к общему приросту его операционной прибыли. Что же касается определения критерия сверхприбыли субъекта АПК, то показателем измерения уровня развития цифрового потенциала в отчетном периоде по сравнению с базовым примем отношение прироста операционной сверхприбыли вследствие внедрения цифровых решений к общему приросту его операционной сверхприбыли.

Для учета долгосрочных последствий цифровой трансформации необходимо рассмотреть показатель рыночной стоимости субъекта АПК, для чего можно воспользоваться доходным подходом. В этом случае за критерий измерения уровня цифрового развития субъекта в отчетном периоде примем отношение прироста рыночной стоимости субъекта вследствие внедрения цифровых технологий к общему приросту его рыночной стоимости на протяжении отчетного периода.

Можно взять и более обобщенный индикатор измерения уровня цифрового развития субъекта АПК – отношение разницы между приростом рыночной стоимости субъекта на конец отчетного периода по сравнению с началом периода, обуслов-

ленным внедрением цифровых технологий, и величиной инвестиций в данные процессы, которые повлияли на прирост, к разнице между общим приростом рыночной стоимости субъекта за этот период и общим объемом инвестиций, которые обеспечили такой прирост.

Обобщая вышесказанное, отметим, что агропромышленный потенциал остается малоизученным и нераскрытым, что является определенным барьером со стороны инвесторов к реализации проектов цифровой трансформации АПК. Из-за наличия трудностей прогнозирования и расчета как прямых, так и мультипликативных эффектов от реализации проектов цифровой трансформации АПК нельзя считать существующую систему государственной поддержки эффективной и достаточной. Для эффективной цифровой трансформации АПК необходима система индикаторов оценки агропромышленного потенциала, что позволит направить усилия государства и инвесторов на более качественную реализацию мер поддержки и регулирования процессов цифровизации отрасли, вследствие чего будут получены следующие эффекты:

- трансформация существующих моделей управления в отрасли, предполагающая оптимальное объединение субъектов АПК, федеральных, региональных и муниципальных органов власти на единой цифровой платформе, что позволит эффективно решить задачи цифровой трансформации отрасли, отраженные в программах и национальных проектах (создание инфраструктуры, включающей аппаратные средства, программное обеспечение, телекоммуникации и т. д., построение новых моделей ведения бизнеса);

- сокращение транзакционных затрат, получение операционных, инвестиционных и финансовых преимуществ функционирования объединений по параметрам эффективности вертикальной интеграции, получение дополнительного эффекта от такого объединения.

Предложенная методология интегральной оценки агропромышленного потенциала региона, которая вносит вклад в развитие теории и практики управления цифровой трансформацией АПК, может быть положена в основу программного обеспечения одного из модулей технологической платформы, в результате чего интеллектуальная система будет «отбирать» по заданным критериям субъектов-участников объединений с учетом специфики каждого из них.

Библиографический список

1. Аджигова А. С., Канцеров Р. А., Школьников Н. Н. Государственная поддержка развития сельского хозяйства региона с аграрным профилем экономики // Аграрный вестник Урала. 2022. № 02 (217). С. 60–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-60-70.
2. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. Москва: Росинформгротех, 2019. 48 с.

3. Головина Л. А., Кислицкий М. М., Логачева О. В. Специфика взаимодействия организаций основных отраслей АПК при ускорении цифровизации // Этап: экономическая теория, анализ, практика. 2021. № 2. С. 49–60. DOI: 10.24412/2071-6435-2021-2-49-60.
4. Федоренко В. Ф., Мишуров Н. П., Буклагин Д. С., Гольяпин В. Я., Голубев И. Г. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития. Москва: Росинформагротех, 2019. 316 с.
5. Анищенко А. Н., Шутьков А. А. Agriculture 4.0 как перспективная модель научно-технологического развития аграрного сектора современной России // Продовольственная политика и безопасность. 2019. Т. 6. № 3. С. 129–140. DOI: 10.18334/ppib.6.3.41393.
6. Мусина Д. Р., Янгиров А. В., Насырова С. И. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: российский опыт // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2020. № 1 (151). С. 22–24. DOI: 10.34773/EU.2020.1.5.
7. Алтухов А. И., Дудин М. Н., Анищенко А. Н. Глобальная цифровизация как организационно-экономическая основа инновационного развития агропромышленного комплекса РФ // Проблемы рыночной экономики. 2019. № 2. С. 17–27. DOI: 10.33051/2500-2325-2019-2-17-27.
8. Санду И. С., Рыженкова Н. Е., Афонина В. Е., Доцанова А. И. Цифровизация как инструмент инновационного развития АПК // АПК: экономика, управление. 2018. № 8. С. 12–18.
9. Огневцев С. Б. Концепция цифровой платформы агропромышленного комплекса // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 2 (362). С. 16–22. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-12019.
10. Бабич О. В., Сидорова А. А. Модель цифровой трансформации современного предприятия // Путеводитель предпринимателя. 2020. Вып. 43. С. 11–21. DOI: 10.24182/2073-9885-2020-13-4-11-21.
11. Евдокимова Е. Н., Куприянова М. В., Соловьева И. П., Симикова И. П. Цифровая трансформация промышленности: проблемы управления, методология оценки: монография. Рязань: Рязанский институт развития образования, 2020. 117 с.
12. Воронин Б. А., Лоретц О. Г., Митин А. Н., Чупина И. П., Воронина Я. В. К вопросу о цифровизации Российского сельского хозяйства (обзор информационных материалов) // Аграрный вестник Урала. 2019. № 2 (181). С. 46–52. DOI: 10.32417/article_5cb0b27b458600.04669366.
13. Миронова О. А. Цифровизация экономики АПК России: задачи, проблемы, перспективы // Economics. Law. State. 2019. № 5 (7). С. 41–47.
14. Мочалова Я. В. Вектор развития российского АПК – цифровизация // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Т. 10. № 1А. С. 593–600. DOI: 10.34670/AR.2020.91.1.065.
15. Козубенко И. С. Ориентиры оценки эффективности цифровизации АПК. Австралийский опыт // Экономические науки. 2020. № 3 (37). С. 101–108. DOI: 10.53988/24136573-2020-03-12.
16. Методические рекомендации по разработке регионального индекса цифровизации агропромышленного комплекса: инструктивно-метод. издание. Москва: Росинформагротех, 2019. 112 с.
17. Оборин М. С., Городилов М. А. Возможности адаптации цифровых технологий для развития сельскохозяйственного производства // Аграрный вестник Урала. 2022. Спецвыпуск «Экономика». С. 50–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-50-59.
18. Шкарупа Е. А. Цифровизация АПК: результаты, проблемы, направления развития // Региональная экономика. Юг России. 2020. Т. 8. № 4. С. 144–153. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.4.13.
19. Концепция научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. URL: www.viapi.ru/download/2018/Цифровое%20сельское%20хозяйство.pdf (дата обращения: 01.12.2022).
20. Тимиргалеева Р. Р., Вердыш М. В., Попова А. А. Развитие агропромышленного комплекса в цифровой среде на основе интеграционных процессов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 4. С. 51–56. DOI: 10.17513/mjprfi.13378.
21. Исаев Е. А., Коровкина Н. Л., Табакова М. С. Оценка готовности ИТ-подразделения компании к цифровой трансформации бизнеса // Бизнес-информатика. 2018. № 2 (44). С. 55–64. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.2.55.64.

Об авторах:

Владимир Степанович Паштецкий¹, доктор сельскохозяйственных наук, директор,

ORCID 0000-0002-3908-733X, AuthorID 849074; +7 978 720-77-10, pvs98a@gmail.com

Рена Ринатовна Тимиргалеева^{1,2,3}, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник,

ORCID 0000-0002-3078-1050, AuthorID 814728; +7 978 704-70-89, renatimir@gmail.com

Михаил Валериевич Вердыш¹, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,

ORCID 0000-0002-3202-6665, AuthorID 857189, +7 978 214-46-39, verdyshe_m@niishk.site

Formation of a system of indicators for assessing the agro-industrial potential of the region in the direction of its digital transformation

V. S. Pashtetskiy¹, R. R. Timirgaleeva^{1,2,3}✉, M. V. Verdysh¹

¹ Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russia

² V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

³ Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

✉E-mail: renatimir@gmail.com

Abstract. The development of the agro-industrial complex of the region in the conditions of the digital economy is impossible without a comprehensive assessment of the agro-industrial potential, on the basis of which reasonable management decisions will be made. **The purpose** is to identify the specifics of the agro-industrial potential of the region, and develop a system of indicators for its assessment in the context of the digital transformation of the agro-industrial complex. The solution of this issue is based on the use of modern tools of economic and mathematical modeling. The work also uses such **research methods** as generalization and synthesis, system analysis, modeling and optimization. **Scientific novelty.** A generalized method for assessing the agro-industrial potential in the direction of its digital transformation and an algorithm for determining the criterion for the economic growth of an agro-industrial complex subject when managing the development of its digital potential are proposed. **Results.** The main aspects of the analysis of the digital potential of the subject of the agro-industrial complex are identified, among which the key role of the resource potential, which differs in directions and purposes of use, is highlighted, which must be taken into account when developing management decisions. A model of the resource platform of the agro-industrial complex of the region, based on modern information and communication technologies, is proposed, the implementation of which will ensure effective management of the resource potential. A step-by-step scheme for analyzing the digital potential of an agro-industrial complex subject is presented, which makes it possible to identify its capabilities and performance indicators that reflect the level of development of the agro-industrial complex of the region. The necessity of increasing the information support of the management activity of a business entity in three areas is substantiated: improvement of resource management processes, optimization of their quality and volume, business process management. To determine the criterion for economic growth of individual subjects of the agro-industrial complex of the region, an algorithm is proposed that makes it possible to identify the sources and rates of such growth. **The practical significance** of the study lies in the development of a system of indicators that allow assessing the agro-industrial potential of the region in the direction of its digital transformation, on the basis of which the efforts of the state and investors will be directed to the implementation of measures to support and regulate the processes of digitalization of the industry.

Keywords: agro-industrial potential of the region, digital transformation, digital potential, resources, indicators.

For citation: Pashtetskiy V. S., Timirgaleeva R. R., Verdysh M. V. Formirovanie sistemy indikatorov otsenki agropromyshlennogo potentsiala regiona v napravlenii ego tsifrovoy transformatsii [Formation of a system of indicators for assessing the agro-industrial potential of the region in the direction of its digital transformation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 108–120. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-108-120. (In Russian.)

Date of paper submission: 20.02.2023, **date of review:** 03.03.2023, **date of acceptance:** 13.03.2023.

References

1. Adzhikova A. S., Kantserov R. A., Shkol'nikova N. N. Gosudarstvennaya podderzhka razvitiya sel'skogo khozyaystva regiona s agrarnym profilem ekonomiki [State support for the development of agriculture in the region with an agrarian profile of the economy] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 02 (217). Pp. 60–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-60-70. (In Russian.)

2. Vedomstvennyy proekt "Tsfirovoe sel'skoe khozyaystvo": ofitsial'noe izdanie [Departmental project "Digital Agriculture": official publication]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2019. 48 p. (In Russian.)
3. Golovina L. A., Kislitskiy M. M., Logacheva O. V. Spetsifika vzaimodeystviya organizatsiy osnovnykh otrasley APK pri uskorenii tsifrovizatsii [The specifics of interaction between organizations of the main sectors of the agro-industrial complex while accelerating digitalization] // ETAP: Economic Theory, Analysis, and Practice. 2021. No. 2. Pp. 49–60. DOI: 10.24412/2071-6435-2021-2-49-60. (In Russian.)
4. Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Buklagin D. S., Gol'tyapin V. Ya., Golubev I. G. Tsfirovoe sel'skoe khozyaystvo: sostoyanie i perspektivy razvitiya [Digital agriculture: state and development prospects]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2019. 316 p. (In Russian.)
5. Anishchenko A. N., Shut'kov A. A. Agriculture 4.0 kak perspektivnaya model' nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agrarnogo sektora sovremennoy Rossii [Agriculture 4.0 as a promising model of scientific and technological development of the agricultural sector of modern Russia] // Food policy and security. 2019. No. 3. Pp. 129–140. DOI: 10.18334/ppib.6.3.41393. (In Russian.)
6. Musina D. R., Yangirov A. V., Nasyrova S. I. Tsfirovaya transformatsiya agropromyshlennogo kompleksa: rossiyskiy opyt [Digital transformation of the agro-industrial complex: Russian experience] // Economics and management: Scientific and practical journal. 2020. No. 1 (151). Pp. 22–24. DOI: 10.34773/EU.2020.1.5. (In Russian.)
7. Altukhov A. I., Dudin M. N., Anishchenko A. N. Global'naya tsifrovizatsiya kak organizatsionno-ekonomicheskaya osnova innovatsionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa RF [Global digitalization as an organizational and economic basis for the innovative development of the agro-industrial complex of the Russian Federation] // Market economy problems. 2019. No. 2. Pp. 17–27. DOI: 10.33051/2500-2325-2019-2-17-27. (In Russian.)
8. Sandu I. S., Ryzhenkova N. E., Afonina V. E., Doshchanova A. I. Tsfirovizatsiya kak instrument innovatsionnogo razvitiya APK [Digitalization as a tool for innovative development of the agro-industrial complex] // AIC: economics, management. 2018. No. 8. Pp. 12–18. (In Russian.)
9. Ognitsev S. B. Kontseptsiya tsifrovoy platformy agropromyshlennogo kompleksa [The concept of a digital platform for the agro-industrial complex] // International Agricultural Journal. 2019. No. 2. Pp. 16–22. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-12019. (In Russian.)
10. Babich O. V., Sidorova A. A. Model' tsifrovoy transformatsii sovremennoy predpriyatiya [Model of digital transformation of a modern enterprise] // Entrepreneur's Guide. 2020. Vol. 43. Pp. 11–21. DOI: 10.24182/2073-9885-2020-13-4-11-21. (In Russian.)
11. Evdokimova E. N., Kupriyanova M. V., Solov'eva I. P., Simikova I. P. Tsfirovaya transformatsiya promyshlennosti: problemy upravleniya, metodologiya otsenki: nauchnaya monografiya [Digital transformation of industry: management problems, assessment methodology: scientific monograph]. Ryazan', 2020. 117 p. (In Russian.)
12. Voronin B. A., Loretts O. G., Mitin A. N., Chupina I. P., Voronina Ya. V. K voprosu o tsifrovizatsii Rossiyskogo sel'skogo khozyaystva (obzor informatsionnykh materialov) [On the issue of digitalization of Russian agriculture (review of information materials)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 2 (181). Pp. 46–52. DOI: 10.32417/article_5cb0b27b458600.04669366. (In Russian.)
13. Mironova O. A. Tsfirovizatsiya ekonomiki APK Rossii: zadachi, problemy, perspektivy [Digitalization of the economy of the agro-industrial complex of Russia: tasks, problems, prospects] // Economics. Law. State. 2019. No. 5 (7). Pp. 41–47. (In Russian.)
14. Mochalova Ya. V. Vektor razvitiya rossiyskogo APK – tsifrovizatsiya [The vector of development of the Russian agro-industrial complex is digitalization] // Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. 2020. Vol. 10. No. 1A. Pp. 593–600. DOI: 10.34670/AR.2020.91.1.065. (In Russian.)
15. Kozubenko I. S. Orientiry otsenki effektivnosti tsifrovizatsii APK. Avstraliyskiy opyt [Landmarks for evaluating the effectiveness of digitalization of the agro-industrial complex. Australian experience] // Economic Sciences. 2020. No. 3 (37). Pp. 101–108. DOI: 10.53988/24136573-2020-03-12. (In Russian.)
16. Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke regional'nogo indeksa tsifrovizatsii agropromyshlennogo kompleksa: instruktivno-metod. izdanie [Guidelines for the development of a regional index of digitalization of the agro-industrial complex: an instructive method. edition]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2019. 112 p. (In Russian.)
17. Oborin M. S., Gorodilov M. A. Vozmozhnosti adaptatsii tsifrovyykh tekhnologiy dlya razvitiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Opportunities for adapting digital technologies for the development of agricultural production] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. Special issue "Economy". Pp. 50–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-50-59. (In Russian.)
18. Shkarupa E. A. Tsfirovizatsiya APK: rezul'taty, problemy, napravleniya razvitiya [Digitalization of the agro-industrial complex: results, problems, directions of development] // Regional Economy. South of Russia. 2020. Vol. 8. No. 4. Pp. 144–153. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.4.13. (In Russian.)

19. Kontseptsiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya tsifrovogo sel'skogo khozyaystva "Tsifrovoye sel'skoye khozyaystvo" [The concept of scientific and technological development of digital agriculture "Digital agriculture"] [e-resource] URL: www.viapi.ru/download/2018/Tsifrovoye%20sel'skoye%20khozyaystvo.pdf (date of reference: 01.12.2022). (In Russian.)
20. Timirgaleeva R. R., Verdysh M. V., Popova A. A. Razvitie agropromyshlennogo kompleksa v tsifrovoy srede na osnove integratsionnykh protsessov [Development of the agro-industrial complex in the digital environment based on integration processes] // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2022. No. 4 Pp. 51–56. DOI: 10.17513/mjpf.13378. (In Russian.)
21. Isaev E. A., Korovkina N. L., Tabakova M. S. Otsenka gotovnosti IT-podrazdeleniya kompanii k tsifrovoy transformatsii biznesa [Assessment of the readiness of the company's IT department for digital business transformation] // Business Informatics. 2018. No. 2 (44). Pp. 55–64. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.2.55.64. (In Russian.)

Authors' information:

Vladimir S. Pashtetskiy¹, doctor of agricultural science, director, ORCID 0000-0002-3908-733X, AuthorID 849074; +7 978 720-77-10, pvs98a@gmail.com

Rena R. Timirgaleeva^{1, 2, 3}, doctor of economics, professor, chief researcher, ORCID 0000-0002-3078-1050, AuthorID 814728; +7 978 704-70-89, renatimir@gmail.com

Mikhail V. Verdysh¹, candidate of economic sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-3202-6665, AuthorID 857189; +7 978 214-46-39, verdysh_m@niishk.site

¹Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russia

²V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

³Sevastopol State University, Sevastopol, 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. Liebkecht 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: 10.05.2023 г. Усл. печ. л. 14,0. Авт. л. 10,8.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

