



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2023
№02 (231)**

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. Кошчаев, 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 Шириншоха 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, “Uralplemstentr” (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. Pashtetstkiy, 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

К. Р. Исмагилов
Особенности формирования урожая сои на территории Республики Башкортостан

Л. А. Сенькова, Л. В. Гринец
Агрорегиональная характеристика черноземов южных в связи с орошением

Л. Н. Скипин, Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова
Реакция семян культур-фитомелиорантов при условии природного и техногенного засоления почв и грунтов

Биология и биотехнологии

П. А. Агеева, Н. А. Почутина, Н. В. Мисникова
Изучение современного генофонда узколистного люпина по элементам продуктивности и морфобиологическим свойствам

S. S. Aleksandrova, A. A. Bakharev, A. P. Duktov, N. A. Sadowov
Intestinal microbiocenosis and fodder digestibility in broiler chickens when using probiotics

Н. О. Дмитриев, В. В. Салаутин, С. Е. Салаутина
Влияние кормовой добавки на микроморфометрию и микробиом кишечника бройлеров

Т. П. Федулова, А. С. Хуссейн, А. А. Налбандян
Перспективная стратегия применения молекулярных маркеров в селекции *Beta vulgaris* L. (обзор)

Экономика

О. Г. Афанасьева, В. А. Ельмов, С. П. Филиппова
Сравнение результативности молочного скотоводства хозяйств населения и самозанятых на основе построения проектной бизнес-модели

Е. С. Куликова, О. А. Рущицкая, Т. И. Крузжкова
Цифровая инфраструктура маркетинга сельских территорий

Contents

Agrotechnologies

K. R. Ismagilov
Features of the formation of soybean crops on the territory of the Republic of Bashkortostan

L. A. Senkova, L. V. Grinets
Agroreclamation characteristics of southern chernozems in connection with irrigation

L. N. Skipin, E. V. Gaevaya, S. S. Tarasova
The reaction of seeds of phytomeliiorant crops under the condition of natural and technogenic salinization of soils and soils

Biology and biotechnologies

P. A. Ageeva, N. A. Pochutina, N. V. Misnikova
The study of the modern narrow-leafed lupin genebank for productivity elements and morpno-biological characters

S. S. Aleksandrova, A. A. Bakharev, A. P. Duktov, N. A. Sadowov
Intestinal microbiocenosis and fodder digestibility in broiler chickens when using probiotics

N. O. Dmitriev, V. V. Salautin, S. E. Salautina
The effect of feed additives on the micromorphometry and microbiome of the intestine of broilers

T. P. Fedulova, A. S. Hussein, A. A. Nalbandyan
Perspective strategy of using molecular markers in breeding of *Beta vulgaris* L. (review)

Economy

O. G. Afanaseva, V. A. Elmov, S. P. Filippova
Comparing the Performance of dairy farming by households and self-employed people based on a project business model

E. S. Kulikova, O. A. Rushchitskaya, T. I. Kruzhkova
Digital marketing infrastructure of rural areas

Особенности формирования урожая сои на территории Республики Башкортостан

К. Р. Исмагилов¹✉

¹ Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, Уфа, Россия

✉ E-mail: ismagilovk@mail.ru

Аннотация. Цель – установление особенностей формирования урожая зерна сои на территории Республики Башкортостан. **Методы.** В ходе работы проводили анализ статистической информации возделывания сои и агроклиматических ресурсов на территории Республики Башкортостан, полевой опыт и полевые наблюдения. Теплообеспеченность сои оценивали по сумме активных температур, влагообеспеченность – по сумме осадков, относительной влажности воздуха и гидротермическому коэффициенту (ГТК) в период вегетации сои (июнь – август). Сумму активных температур, сумму осадков и гидротермический коэффициент в годы исследования рассчитывали с использованием статистических данных Федеральной службы государственной статистики. Изменчивость признаков оценивали коэффициентом вариации. Характер и степень взаимосвязи признаков определяли методом корреляционно-регрессионного анализа с использованием компьютерной программы Excel. **Результаты.** Установлены особенности процесса формирования урожайности сои на территории Республики Башкортостан. Морфометрические показатели растений сои СИБНИИК 315 на территории Республики Башкортостан имеют меньшую величину, чем параметры паспорта данного сорта. Основными лимитирующими факторами роста и развития растений, урожайности сои на территории Республики Башкортостан являются влага (коэффициент корреляционного отношения – 0,866) и тепло (коэффициент корреляционного отношения – 0,592). Плодородие почвы на большей части территории республики достаточно высокое для роста и развития растений и не лимитирует формирование урожая сои. Установлено, что зависимость урожайности сои от суммы осадков, суммы активных температур и ГТК имеет форму одновершинной кривой. На территории Республики Башкортостан в теплообеспеченные годы восполнить недостаток влаги для формирования урожая сои возможно поливом посевов. Орошение способствовало формированию урожайности сои в полевых опытах на 5–6,4 ц/га больше, чем на богаре. **Научная новизна.** Выявлены особенности формирования урожая сои и установлена степень и характер зависимости урожайности зерна сои от суммы осадков и суммы активных температур в период с июня по август.

Ключевые слова: соя, рост и развитие растений, урожайность, агроклиматические ресурсы.

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

Дата поступления статьи: 20.12.2022, **дата рецензирования:** 16.01.2023, **дата принятия:** 27.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Соя (*Glycine max* L. Merr.) – самая распространенная зернобобовая культура в мире благодаря высокому содержанию белка и масла, разностороннего ее использования в технических, кормовых и пищевых целях [1]. В Российской Федерации в последние годы происходит расширение производства зерна сои: ее посевные площади в 2021 г. составили 3,068 млн га, валовые сборы зерна – 4,76 млн т. Основные площади посева сои сосредоточены в Амурской области и Приморском крае, где благоприятные природные условия для форми-

рования ее урожая. Успешно возделывают сою в Курской, Белгородской, Воронежской, Тамбовской, Орловской областях и в Краснодарском крае [2]. В последние годы благодаря созданию скороспелых сортов наметилось распространение этой культуры и в других регионах страны [3]. В Республике Башкортостан была попытка возделывания сои в производственных условиях в 1980-е гг., ее площади посева составили около 300 га. Однако в дальнейшем возделывание сои в республике не получило развития [2]. В последние годы интерес к данной культуре возрос, намечено расширение площади посева сои и доведения до 100 тыс. га.

Агроэкономическая целесообразность расширения возделывания сои в северные районы наряду с наличием адаптированного сорта к природным условиям, разработанностью технологии определяется уровнем природных ресурсов и неблагоприятных факторов [4–6]. Агроклиматические ресурсы (тепло, влага, продолжительность вегетационного периода) и факторы (заморозки, град и др.) определяют рост и развитие, в целом фотосинтетическую продуктивность растений, а также жизнедеятельность азотофиксирующих бактерий сои. При неблагоприятных гидротермических условиях активность симбиоза клубеньковыми бактериями резко снижается и фиксируется всего 20–60 кг азота воздуха на 1 га [7; 8]. В итоге от уровня агроклиматических ресурсов и напряженности факторов зависит урожайность зерна и содержание в нем белка [9]. Соя – культура муссонного климата, предъявляет повышенные требования к обеспечению влагой и теплом. В то же время климат на территории Республики Башкортостан континентальный [10]. Поэтому для обоснования возможности возделывания, подбора сортов и уточнения технологии возделывания необходимо знание особенностей формирования урожая на территории республики [11].

В настоящее время совершенно недостаточно изучены особенности формирования урожая сои для селекции и подбора сортов, оптимизации ее технологии возделывания в Республике Башкортостан. Впервые изучение биологии сои была проведена еще 1930-е гг. [12], в 2000-е гг. Ф. А. Газизовым [13] изучалась фотосинтетическая деятельность и симбиотическая фиксация атмосферного азота соей. В последние годы изучена продуктивность сортов сои [14] и проведено обоснование размещения сои на территории Республики Башкортостан [15].

В этой связи цель наших исследований состояла в выявлении особенностей формирования урожая зерна сои на территории Республики Башкортостан.

Методология и методы исследования (Methods)

Для реализации поставленной цели проводили анализ статистической информации возделывания сои и агроклиматических ресурсов на территории Республики Башкортостан, полевой опыт и полевые наблюдения. Теплообеспеченность сои оценивали по сумме активных температур, влагообеспеченность – по сумме осадков, относительной влажности воздуха и гидротермическому коэффициенту (ГТК) в период вегетации сои (июнь – август). Для этого были использованы многолетние климатические данные метеорологических станций [10]. Сумму активных температур, сумму осадков и гидротермический коэффициент в годы исследования рассчитывали с использованием статистических данных Федеральной службы государственной статистики [2]. Изменчивость признаков оценивали коэффициентом вариации. Характер и степень вза-

имосвязи признаков определяли методом корреляционно-регрессионного анализа с использованием компьютерной программы Excel.

В 2018–2021 гг. провели посев сои сорта СИБНИИК 315 в ООО «Асян» Дюртюлинского района и полевой опыт с орошением в ООО СХП «Нерал-Буздяк» Буздякского района. ООО «Асян» расположен в южной лесостепи, ООО СХП «Нерал-Буздяк» – в Предуральской степи республики. Схема полевого опыта в ООО СХП «Нерал-Буздяк» включала варианты без орошения и с орошением (поливная норма – 400 м³/га). Размер делянок – 400 м². Повторность вариантов трехкратная, размещение делянок систематическое. Способ посева обычный рядовой. В течение вегетации проводили полевые наблюдения за ростом и развитием растений и перед уборкой определяли элементы структуры урожайности. Для анализа продуктивности растений брали с каждой делянки снопы с площадью 1 м². Учет урожайности проводили сплошным обмолотом зерновым комбайном. В опытах использовали сорт СИБНИИК 315, выведенный в Сибирском НИИ кормов, который включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Уральскому региону. Сорт раннеспелый, вегетационный период от всходов до созревания 92–105 дней. Обладает высокими адаптивными способностями к изменяющимся условиям произрастания [16]. Данный сорт по результатам исследований остается одним из скороспелых и адаптированных к природным условиям Республики Башкортостан [14].

Результаты (Results)

Анализ статистических данных показал на значительное расширение площадей посева сои в хозяйствах Республики Башкортостан в последние годы (рис. 1). Если соя в 2017 г. высевалась на площади 517 га, то в 2020 г. – на площади 2156 га, а в 2022 г. – на площади 8752 га, что в структуре посевных площадей зернобобовых культур составляет около 10 %. В то же время урожайность сои колеблется как по годам, так и по хозяйствам республики. Коэффициент вариации урожайности по хозяйствам в 2022 г. составил 40,7 %. В засушливые годы урожайность сои резко снижается. Так, в 2021 г. ее урожайность по республике составила 7,5 ц/га.

Продуктивность сельскохозяйственной культуры, в том числе сои, закладывается еще в начальные этапы вегетации и определяется характером роста и развития растений [9]. Полевые наблюдения в ООО «Асян» показали существенное варьирование в годы исследования высоты растений сои сорта СИБНИИК 315. Данный фитометрический показатель растения изменялся в диапазоне от 50 см (2021 г.) до 75 см (2020 г.) и в среднем за 5 лет составил 65,4 см. Это значительно ниже высоты растений данного сорта (70–85 см), указанной в

его характеристике. Высота прикрепления нижних бобов – важный показатель растений сои, влияющий на технологию и потери урожая при уборке. Высота прикрепления нижних бобов в среднем за 5 лет составила 11,0 см, что в пределах (11–13 см) параметров сорта СИБНИИК 315. Величина данного показателя коррелирует с высотой растений: чем больше высота растений, тем больше высота прикрепления нижних бобов (таблица 1). Продуктивность сои определяется количеством бобов на растение, зерен в бобе и массой 1000 зерен. Количество зерен в бобе варьировало в годы исследования от 1,4 до 1,8 шт. и в среднем за годы изучения составило 1,68 шт. (таблица 2). Это меньше величины данного параметра сорта СИБНИИК 315 (2–3 шт.). Количество зерен в бобе и на растение, как и другие показатели, значительно варьировало по годам. В среднем за 5 лет образовалось на рас-

тении 18,6 боба, количество зерен в расчете на одно растение составило 31,6 шт. Масса 1000 зерен изменялась по годам от 122 до 135 г и в среднем за годы изучения составила 130,2 г, что меньше величины данного параметра сорта СИБНИИК 315 на 30–50 г.

Важным показателем роста и развития растений для условий республики является продолжительность вегетационного периода. В годы исследования продолжительность вегетации (всходы – созревание) изменялась в пределах от 80 дней (2021 г.) до 117 дней (2020 г.) и в среднем составила 94 дня. Согласно характеристике сорта СИБНИИК 315, продолжительность его вегетации равна 92–105 дней.

В конечном счете урожайность сои составила в среднем за годы исследования 12,2 ц/га с колебанием по годам от 8,2 ц/га (2021 г.) до 14,5 ц/га (2020 г.) (таблица 2).

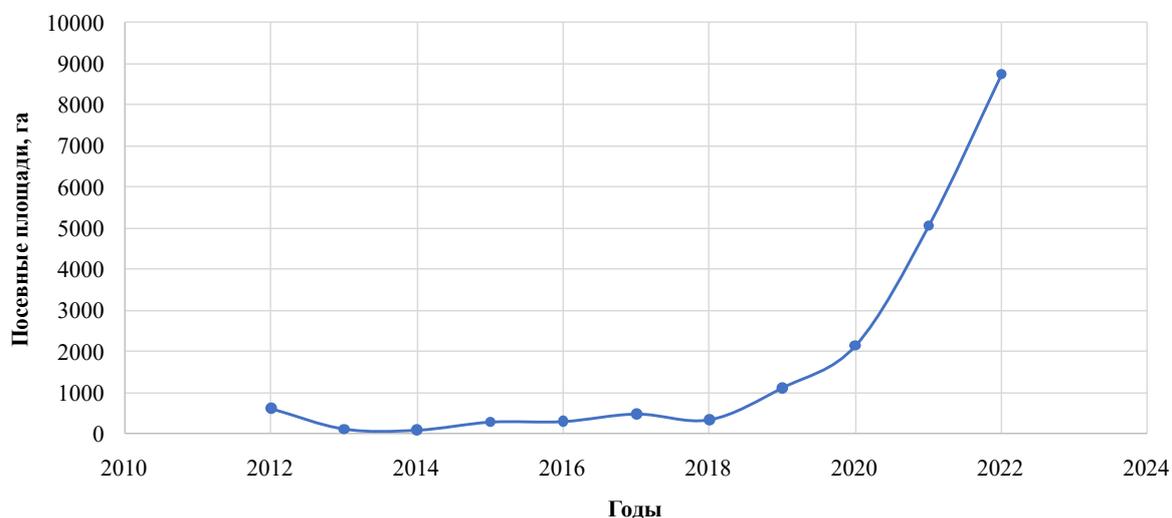


Рис. 1. Динамика посевных площадей сои по годам в Республике Башкортостан

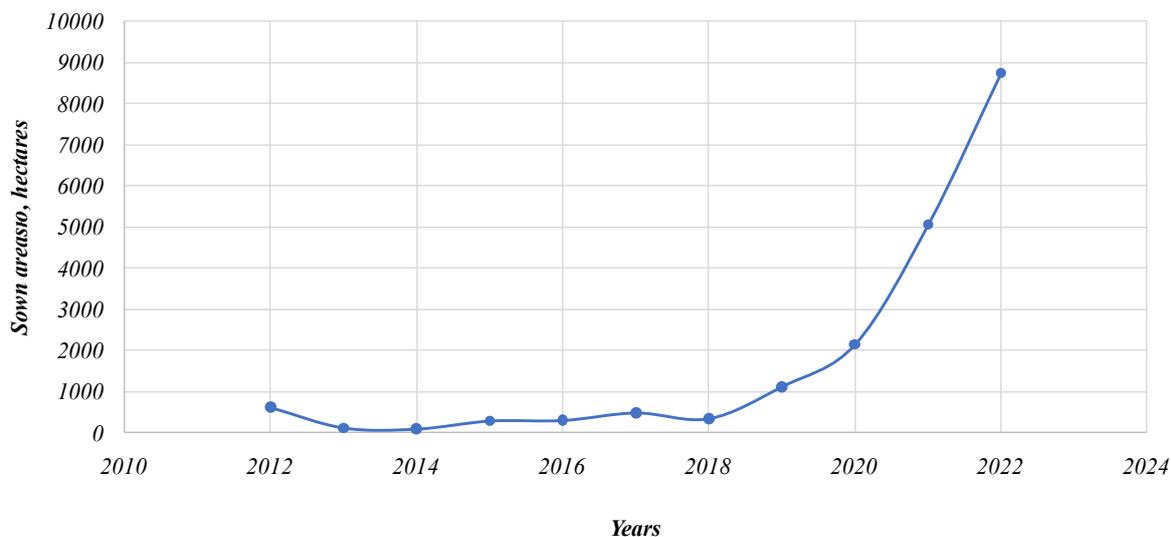


Fig. 1. Dynamics of soybean acreage by year in the Republic of Bashkortostan

Таблица 1
Показатели роста и развития растений сои (ООО «Асян»)

Год	Высота растения, см	Высота прикрепления нижних бобов, см	Продолжительность вегетации (всходы – созревание семян), сутки
2018	68	12.0	92
2019	70	12.3	91
2020	75	13.2	117
2021	50	7.7	80
2022	64	9.8	89
В среднем за 2016–2022 гг.	65,4	11,0	94

Table 1
Indicators of growth and development of soybean plants in the Republic of Bashkortostan (LLC “Asyan”)

Year	Height of the plant, cm	Height of attachment of lower beans, cm	Duration of vegetation (germination – maturation of seeds), days
2018	68	12.0	92
2019	70	12.3	91
2020	75	13.2	117
2021	50	7.7	80
2022	64	9.8	89
On average for 2016–2022	65.4	11.0	94

Таблица 2
Показатели продуктивности растений и урожайность зерна сои (ООО «Асян»)

Год	Количество, шт.			Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
	Бобов на растении	Зерен в бобе	Зерен с растения		
2018	19	1.8	34.2	130	13.3
2019	20	1.7	34.1	131	12.9
2020	20	1.8	36.6	135	14.5
2021	16	1.4	22.4	122	8.2
2022	18	1.7	30.6	133	12.2
В среднем за 2016–2022 гг.	18,6	1,68	31,6	130,2	12,2

Table 2
Indicators of plant productivity and yield of soybean grain (Asyan LLC)

Year	Quantity, pcs.			Weight 1000 grains, g	Yield, c/ha
	Beans on the plant	Grains in a bean	Grains from the plant		
2018	19	1.8	34.2	130	13.3
2019	20	1.7	34.1	131	12.9
2020	20	1.8	36.6	135	14.5
2021	16	1.4	22.4	122	8.2
2022	18	1.7	30.6	133	12.2
On average for 2016–2022.	18.6	1.68	31.6	130.2	12.2

Урожайность зерна сои в хозяйствах республики также относительно невысокая и подвержена изменчивости по годам (таблица 3). В среднем в годы возделывания сои сравнительно на больших площадях (2016–2021 гг.) урожайность ее составила 10,0 ц/га. Для сравнения урожайность сои в эти годы в Российской Федерации составила 15,2 ц/га.

Статистический анализ показал, что величина параметров роста и развития, урожая зерна сои на территории Республики Башкортостан в значительной мере определяется агроклиматическими ресурсами, среди которых для формирования урожая зерна сои особенно значимы влагообеспечен-

ность и теплообеспеченность. Климат на территории Республики Башкортостан континентальный с относительно теплым летом и продолжительной умеренно холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха составляет 0,3–3,5 °С. Средний многолетний максимум (16,5–19,5 °С) отмечается в июле. Летом максимальная температура воздуха достигает 36,5–42 °С, зимой абсолютный минимум температуры воздуха –41...–53 °С. Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С происходит 3–9 апреля весной и 20–26 октября осенью. Сумма положительных температур за период с температурой выше 10 °С составляет 1900–2350 °С [10]. Для роста и развития растений сои в зависимости от района возделывания и длины вегетационного периода сорта необходима сумма температур от 1700 °С до 3000 °С (при среднесуточной температуре 15–22 °С). Всходы чувствительны к заморозку и повреждаются при температуре ниже –2 °С. В осенний период растения от заморозков погибают. Благоприятные условия для цветения создаются при влажности почвы 70–90 % от наименьшей полевой влагоемкости, относительной влажности воздуха 70 % и температуре воздуха 22–25 °С [16].

Исследования показали, рост и развитие растений и урожайность сои южной лесостепи республики в средней степени зависят от суммы активных температур в период вегетации (июнь – август). Коэффициент корреляционного отношения составил 0,592. Данная зависимость криволинейная и имеет форму параболы (рис. 2), достаточно надежно описывается следующим уравнением регрессии

$$Y = -0,00009x^2 + 0,3088x - 259,65,$$

где Y – урожайность зерна, ц/га;

x – сумма активных температур за период с июня по август, мм.

Согласно данному уравнению регрессии, максимальная урожайность сои сорта СибНИИК 315 формируется при сумме активных температур за период июнь – август, равной 1750–1780 °С.

Среднемноголетняя сумма температур за данный период на территории южной лесостепи республики составляет 1724 °С. По нашим расчетам вероятность суммы активных температур за период с июня по август, равной 1750–1780 °С, составляет 52–56 %. Следовательно, в южной лесостепи республики оптимальная сумма активных температур для формирования урожая сои встречается в 5–6 годах из 10 лет.

Таблица 3

Агроклиматические ресурсы и урожайность сои в Республике Башкортостан

Год	Сумма среднесуточных температур за июнь – август	Сумма осадков за июнь – август, мм	ГТК	Урожайность, ц/га
2016	1904	95	0,5	10,6
2017	1634	282	1,72	8,1
2018	1689	108	0,64	11,0
2019	1610	152	0,94	10,6
2020	1701	202	1,19	12,3
2021	1926	51	0,26	7,5
2022	1735	154	0,89	10,1
В среднем за 2016–2022 гг.	1743	149	0,88	10,0

Table 3

Agroclimatic resources and soybean yield in the Republic of Bashkortostan

Year	Sum of average daily temperatures for June – August	Precipitation for June – August, mm	Hydrothermal coefficient	Yield, c/ha
2016	1904	95	0.5	10.6
2017	1634	282	1.72	8.1
2018	1689	108	0.64	11.0
2019	1610	152	0.94	10.6
2020	1701	202	1.19	12.3
2021	1926	51	0.26	7.5
2022	1735	154	0.89	10.1
On average for 2016–2022	1743	149	0.88	10.0

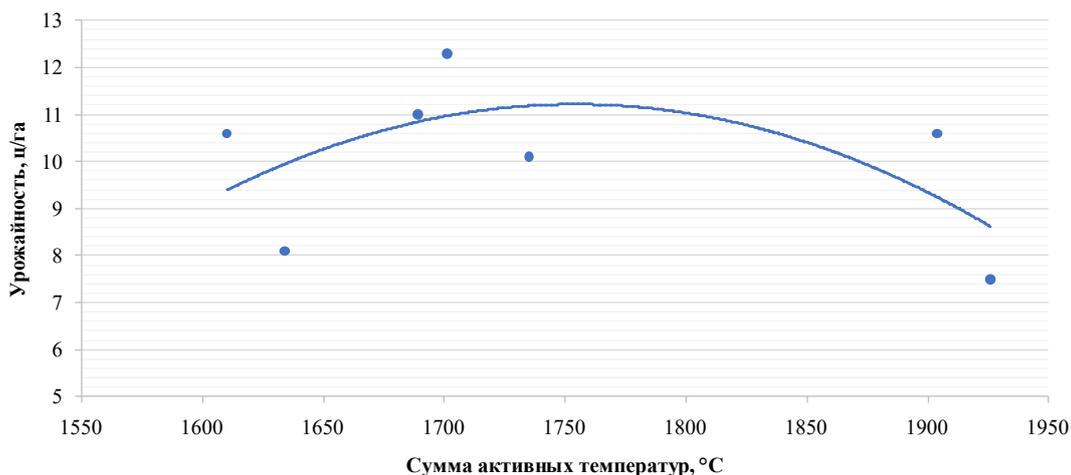


Рис. 2. Зависимость урожайности сои от суммы активных температур за период с июня по август

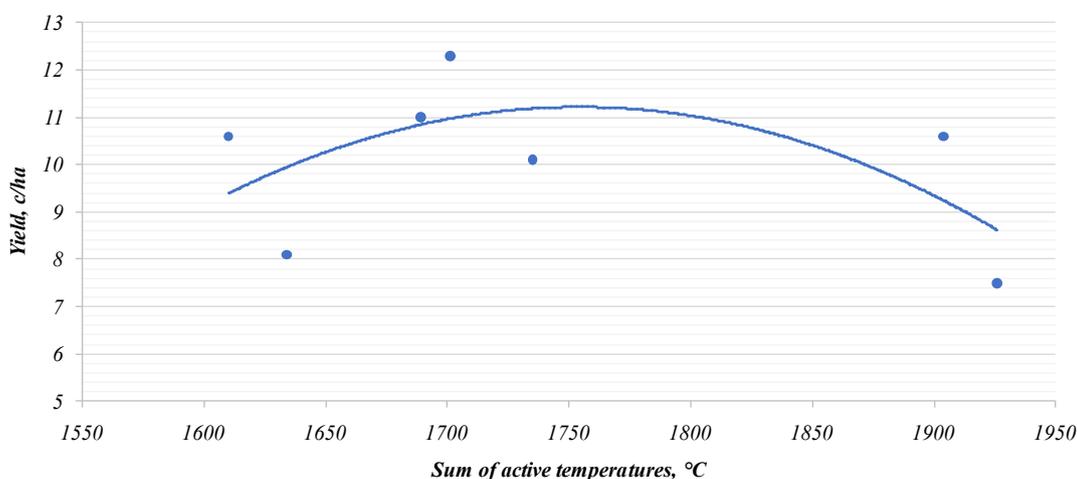


Fig. 2. Dependence of soybean yield on the sum of active temperatures for the period from June to August

Период активной вегетации растений сои ограничивается датами устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C . Продолжительность данного периода на территории республики в среднем составляет 121 день [10]. Н. И. Корсаков сорта сои по продолжительности активной вегетации подразделял на следующие группы: ультрараннеспелые – менее 80 дней; очень раннеспелые – 80–99 дней; раннеспелые – 100–109 дней; среднеранние – 110–119 дней [17]. Как видно из вышеприведенных данных, на территории Республики Башкортостан продолжительность вегетационного периода по классификации Н. И. Корсакова достаточная и для среднеранних сортов. Исследования показали, что продолжительность периода активной вегетации сои положительно коррелируют с суммой активных температур. Однако соотношение суммы активных температур и продолжительности вегетационного периода на территории республики несколько отличается от общепринятых величин. Одна и та же сумма температур на территории республики набирается при большей продолжительности вегета-

ционного периода, что обусловлено сравнительно низкой величиной среднесуточных температур.

Соя по происхождению относится к растениям влажного климата. На формирование единицы урожая она расходует воды больше, чем другие зернобобовые культуры (транспирационный коэффициент – 520). Наиболее требовательна соя к влажности почвы, а в период цветения и образования бобов – еще и влажности воздуха. Оптимальная относительная влажность воздуха во время цветения растений равна 75 % и выше. Плодообразование – критический период онтогенеза сои. Низкая влажность почвы и воздуха вызывают осыпание завязей и отмирание уже завязавшихся семян в бобах, что приводит к значительному снижению продуктивности растений [16].

Количество осадков за год на территории республики варьирует от 355 (равнинная часть территории) до 650 мм (западные склоны Урала), в том числе за период с температурой выше 10°C – от 185 до 275 мм, гидротермический коэффициент – от 0,8 до 1,5 [10].

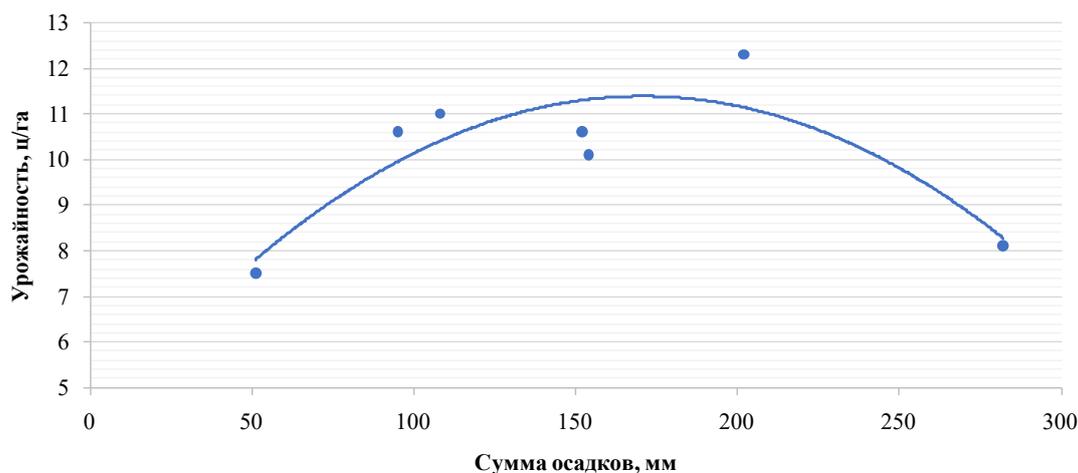


Рис. 3. Зависимость урожайности зерна сои от суммы осадков в период с июня по август

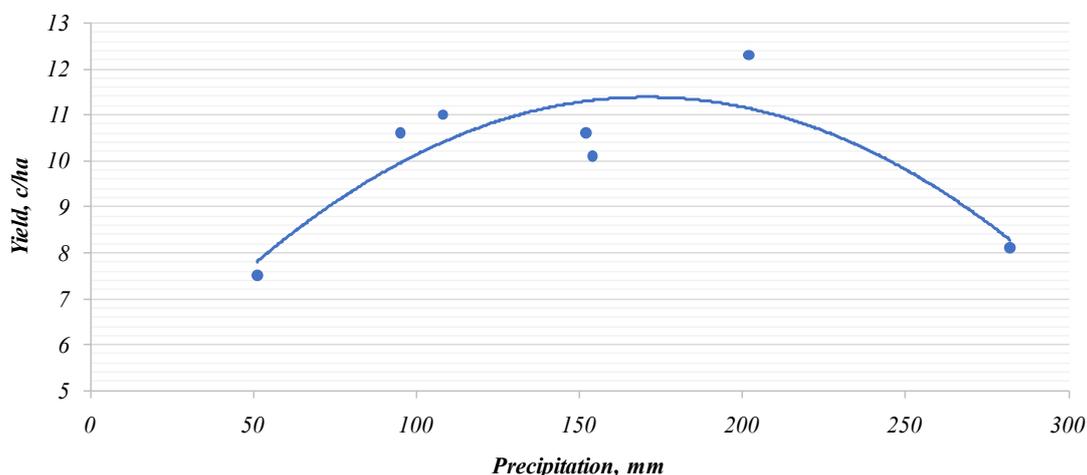


Fig. 3. Dependence of soybean grain yield on the amount of precipitation in the period from June to August

Корреляционный анализ показал на сильное влияние количество осадков с июня по август на урожайность сои (коэффициент корреляционного отношения 0,866). Зависимость урожайности сои от суммы осадков за этот период описывается следующим уравнением регрессии:

$$Y = -0,0003x^2 + 0,0854x + 4,0988,$$

где Y – урожайность зерна, ц/га;

x – сумма осадков за период с июня по август, мм.

На рис. 3 представлен график данной зависимости в виде параболы. Согласно уравнению регрессии, наибольшая урожайность сои в южной лесостепи республики формируется при выпадении 170–190 мм дождей.

Для сои как растения тропического климата важна относительно высокая влажность воздуха – 70–75 % [16]. Климат на территории Республики Башкортостан континентальный, относительная

влажность воздуха в период с июня по август составляет 66–71 % [10]. Относительная влажность воздуха на территории республики недостаточно благоприятна для произрастания растений сои.

Комплексным показателем влагообеспеченности растений является гидротермический коэффициент. Средняя многолетняя величина ГТК периода активной вегетации сои (июнь – август) на рассматриваемой территории республики, по нашим расчетам, равна 1,0. Следовательно, климат территории республики является слабозасушливым и засушливым. Как и в случае с суммой осадков, наблюдается тесная зависимость урожайности сои от ГТК (коэффициент корреляционного отношения – 0,862). Данная зависимость также имеет форму параболы, наибольшая урожайность формируется при ГТК периода «июнь – август», равном 1,0–1,1 (рис. 4).

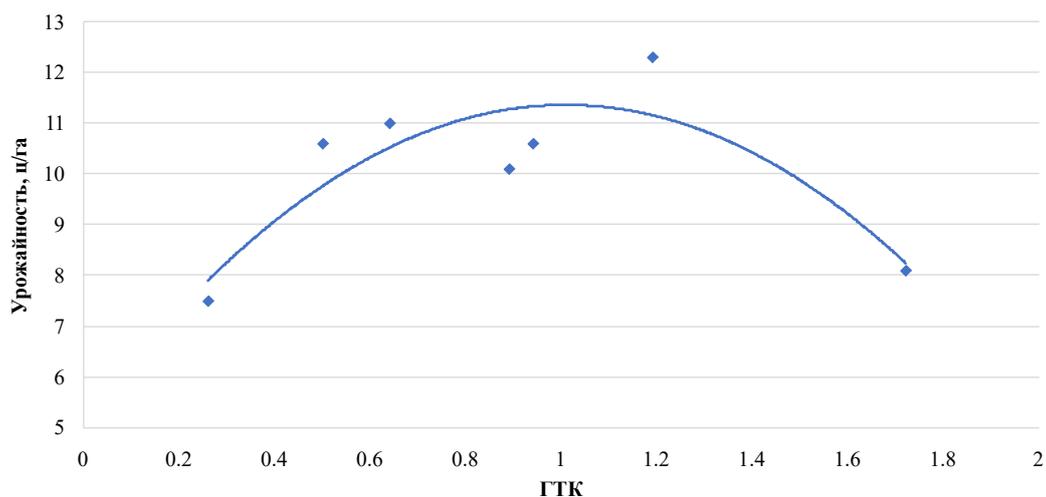


Рис. 4. Зависимость урожайности сои от ГТК

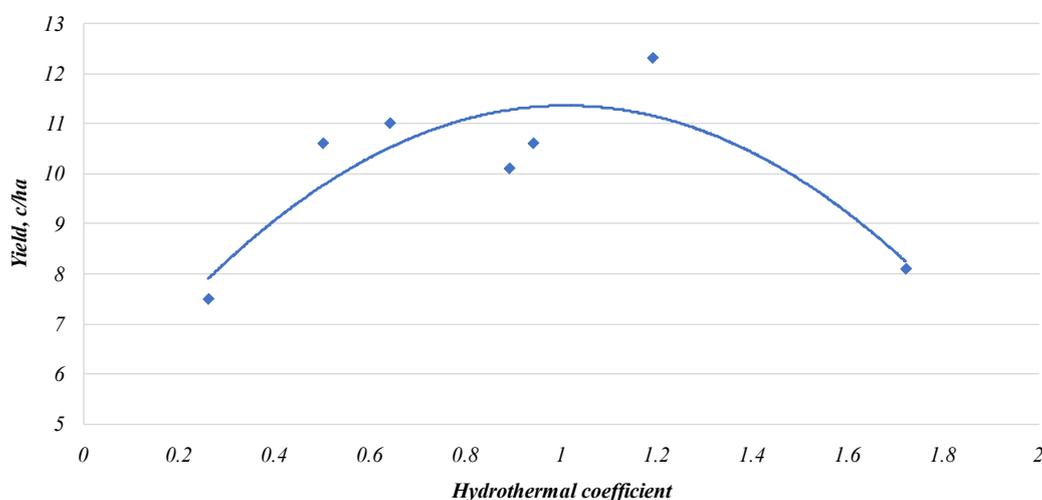


Fig. 4. Dependence of soybean yield on hydrothermal coefficient

Улучшение влагообеспеченности растений сои заметно повысила урожайность. В полевом опыте в 2018 г. в ООО «Нерал-Буздяк» урожайность зерна сои сорта СибНИИК 315 в варианте без орошения составила 12,1 ц/га, в варианте с орошением – 18,5 ц/га [18]. В этом варианте образовалось 18 бобов на 1 растение, масса 1000 зерен – 180 г. В 2019 г. урожайность зерна сои в варианте без орошения составила 14,5 ц/га, в варианте с орошением – 19,5 ц/га. Растения сои в варианте с орошением имели в среднем 27 бобов и массу 1000 зерен 170 г.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Процесс формирования урожайности сои на территории Республики Башкортостан имеет свои особенности, обусловленные континентальным климатом. Морфометрические показатели растений сои СИБНИИК 315 (высота растений, высота прикрепления нижних бобов, количество бобов на растение, количество зерен в бобе и на растении, размеры зерна) на территории Республики Башкортостан имеют меньшую величину, чем параметры паспорта данного сорта. Кроме того, рост и разви-

тие растений сои сорта СИБНИИК 315 также подвержены модификационной изменчивости по годам вегетации вследствие изменения агрометеорологических условий вегетации. Модификационной изменчивостью растений сои является механизм адаптации генотипа к изменившимся условиям среды [19].

Основными лимитирующими факторами роста и развития растений, урожайности сои на территории Республики Башкортостан являются влага и тепло. Плодородие почвы на большей части территории республики достаточно высокое для роста и развития растений и не лимитирует формирование урожая сои. Черноземные почвы содержат 6–9 % гумуса и имеют слабокислую и нейтральной реакцию (рН 6–7).

В Амурской области, где сравнительно благоприятные природные условия, продуктивность сои также зависит от суммы активных температур воздуха в период «посев – всходы» ($r = -0,87$) и суммы осадков и ГТК в период «всходы – цветение» ($r = -0,64$ и $-0,60$) [20]. Урожайность в Приморском

крае также положительно связана с суммой температур выше 10 °С и отрицательно связана с осадками в октябре, в то время как в Краснодарском крае она положительно связана с гидротермальным коэффициентом [21]. Урожайность зерна сои в Германии положительно коррелирует с солнечной радиацией ($r = 0,32$) и осадками ($r = 0,33$), но отрицательно с ресурсами тепла ($r = -0,42$) [22]. Сорт Амадеус нейтрален к изменению влагообеспеченности в течение вегетации и наиболее стабилен по продуктивности [23].

В отличие от вышеприведенных результатов нашими исследованиями установлена зависимость урожайности сои от суммы осадков, суммы активных температур и ГТК, которая имеет форму одновершинной кривой. С ростом данных агроклиматических ресурсов урожайность сои повышается и в дальнейшем, достигнув максимальной величины, снижается. Вероятно, снижение урожайности при высокой сумме температур вызвано недостатком

влаги. Из анализа агрометеорологических показателей видно, что высокая температура и сумма осадков обратно взаимосвязаны, т. е. вегетационный период с высокой температурой на территории республики обычно сопровождается засухой. Снижение урожайности в годы с высокой суммой осадков в период с июня по август (более 200 мм) вызвано недостатком тепла. Обычно дождливая погода в летний период сопровождается сравнительно низкой температурой воздуха. Кроме того, исследованиями S.-G. Jo с коллегами [24] установлено, что обильные дожди приводят к снижению урожайности сои вследствие усиления ростовых процессов и конкуренции растений, а также недостатка кислорода в почве.

На территории Республики Башкортостан в теплообеспеченные годы восполнить недостаток влаги для формирования урожая сои возможно поливом посевов. Орошение способствовало формированию урожайности сои в полевых опытах на 5–6,4 ц/га больше, чем на богаре.

Библиографический список

1. Елизаров Д. О. Перспективы возделывания сои в мире и России // Аграрная наука – 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. Москва, 2022. С. 973–976.
2. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 01.11.2022).
3. Иванов А. А., Алексеева С. Н., Чуворкина Т. Н., Кадыкова О. Ф. Развитие производства зернобобовых культур и сои – фактор динамичного развития аграрного сектора региона на примере Пензенской области // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 3. С. 284–294. DOI: 10.30914/2411-9687-2021-7-3-284-294.
4. Karges K., Bellingrath-Kimura S. D., Halwani M. et al. Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe // European Journal of Agronomy. 2022. Vol. 133. Article number 126415. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126415.
5. Исмагилов К. Р. Основные направления эффективного использования природных ресурсов в растениеводстве // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: сборник трудов VI Национальной научно-практической конференции. Кемерово, 2021. С. 214–218.
6. Письменная Е. В., Азарова М. Ю., Стукало В. А. [и др.] Оптимизация посевных площадей Ставропольского края на основе агроресурсного потенциала // Земледелие. 2019. № 7. С. 8–11. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10701.
7. Dozorov A. V., Naumov A. Yu., Rakhimova Yu. M. et al. Symbiotic and photosynthetic activity of soybean in case of application of different herbicides and soil tillage methods // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 2017. Vol. 19. No. 2. Pp. 461–465.
8. Исмагилов Р. Р., Газизов Ф. А., Зарипова Г. К. Симбиотическая фиксация атмосферного азота соей в условиях степного Предуралья // Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО: материалы международной научно-практической конференции (к XIII международной специализированной выставке «АГРО-2003»). Уфа, 2003. С. 212–215.
9. Ермолина О. В., Короткова О. В. Влияние гидротермических условий по фазам онтогенеза на урожайность семян сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3 (19). С. 70–76.
10. Агроклиматические ресурсы Башкирской АССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. 235 с.
11. Дорохов А. С., Бельшикина М. Е. Агроклиматическая характеристика регионов Нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 34–39. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-34-39.
12. Сахаутдинов Б. М. Биохимические процессы в сое при послеуборочном дозревании в зависимости от срока уборки // Труды БСХИ. 1939. Т. 2. С. 138–159.
13. Газизов Ф. А., Зарипова Г. К., Исмагилов Р. Р. Фотосинтетическая деятельность посевов и продуктивность сои в условиях Предуральской степи Башкортостана // Интродукция нетрадиционных и

редких сельскохозяйственных растений: материалы IV Международной научно-практической конференции. Ульяновск, 2002. С. 324–328.

14. Давлетов Ф. А., Ахмадуллина И. И., Гайнуллина К. П. Результаты изучения сортов сои в условиях Республики Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 49–55. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-49-55. 3.

15. Исмагилов К. Р. Агроклиматические ресурсы и размещение посевов сои на территории Республики Башкортостан // Фундаментальные основы и прикладные решения актуальных проблем возделывания зерновых бобовых культур: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ректора Ульяновского государственного аграрного университета имени П. А. Столыпина (2004–2019 гг.), Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Почетного работника агропромышленного комплекса России, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Дозорова Александра Владимировича. Ульяновск, 2020. С. 276–283.

16. Кашеваров Н. И., Солошенко В. А., Васякин Н. И. Соя в Западной Сибири. Новосибирск: Сибирское отделение РАСХН, 2004. 255 с.

17. Корсаков Н. И., Мякушко Ю. П. Соя: методические указания по селекции и семеноводству. Ленинград, 1975. 160 с.

18. Нурлыгаянов Р. Б., Комиссаров А. В., Исмагилов К. Р., Гиниятова Ф. Ф. Возделывание сои на семена в различных уровнях водного режима // Российский электронный научный журнал. 2019. № 4 (34). С. 207–219. DOI: 10.31563/2308-9644-2019-34-4-207-219.

19. Позднякова А. В., Зеленцов С. В. Видовая, генотипическая и модификационная изменчивость элементов цветка у сои // The Scientific Heritage. 2020. № 44-5 (44). С. 14–15.

20. Галиченко А. П., Фокина Е. М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25.

21. Novikova L. Y., Bulakh P. P., Nekrasov A. Y., Seferova I. V. Soybean response to weather and climate conditions in the Krasnodar and Primorye territories of Russia over the past decades // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 9. Article number 10091278. DOI: 10.3390/agronomy10091278. EDN URTKOC.

22. Sobko O., Gruber S., Claupein W. et al. Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) merr) production in central and south Germany // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 12. DOI: 10.3390/agronomy10121847.

23. Головина Е. В., Леухина О. В., Леухина Т. В. Влияние погодных условий на формирование хозяйственно ценных признаков у сортов сои различной селекции // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 2 (42). С. 24–32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-24-32.

24. Jo S.-G., Kang Y.-I., Om K.-S., Cha Y.-H., Ri S.-Y. Growth, photosynthesis and yield of soybean in ridge-furrow intercropping system of soybean and flax // Field Crops Research. 2022. Vol. 275. Article number 108329 DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108329.

Об авторе:

Камиль Рафаэлевич Исмагилов¹, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, ORCID 0000-0002-02120116x, AuthorID 689602; +7 903 310-31-86, ismagilovk@mail.ru

¹ Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

Features of the formation of soybean crops on the territory of the Republic of Bashkortostan

K. R. Ismagilov¹✉

¹ Bashkir Research Institute of Agriculture of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: ismagilovk@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to establish the features of the formation of soybean grain harvest in the territory of the Republic of Bashkortostan. **Methods.** Analysis of statistical information on soybean cultivation and agro-climatic resources in the territory of the Republic of Bashkortostan, field experience and field observations. The heat supply of soybeans was estimated by the sum of active temperatures, moisture availability – by the amount of precipitation, relative humidity and hydrothermal coefficient (GTK) during the soybean vegetation period (June – August). The sum of active temperatures, the amount of precipitation and the hydrothermal coef-

efficient in the years of the study were calculated using statistical data from the Federal State Statistics Service. The variability of the features was estimated by the coefficient of variation. The nature and degree of interconnection of the features was determined by correlation-regression analysis using the Excel computer program. **Results.** The features of the process of formation of soybean yield in the territory of the Republic of Bashkortostan have been established. Morphometric indicators of soybean plants Siberian Research Institute of Feed 315 on the territory of the Republic of Bashkortostan have a smaller value than the passport parameters of this variety. The main limiting growth and development of plants, soybean yield in the Republic of Bashkortostan are moisture (correlation coefficient 0.866) and heat (correlation coefficient 0.592). The fertility of the soil in most of the territory of the republic is high enough for the growth and development of plants and does not limit the formation of the soybean crop. It is established that the dependence of soybean yield on the amount of precipitation, the sum of active temperatures and SCC has the form of a single-vertex curve. On the territory of the Republic of Bashkortostan in heat-supplying years, it is possible to compensate for the lack of moisture for the formation of a soybean crop by watering crops. Irrigation allowed the formation of soybean yields in field experiments by 5–6.4 c/ha more than on bogar. **Scientific novelty.** The features of the formation of the soybean crop are revealed and the degree and nature of the dependence of the soybean grain yield on the amount of precipitation and the amount of active temperatures in the period “June – August” are established.

Keywords: soybeans, plant growth and development, yield, agroclimatic resources.

For citation: Ismagilov K. R. Osobennosti formirovaniya urozhasya soi na territorii Respubliki Bashkortostan [Features of the formation of soybean crops on the territory of the Republic of Bashkortostan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-2-13. (In Russian.)

Date of paper submission: 20.12.2022, **date of review:** 16.01.2023, **date of acceptance:** 27.01.2023.

References

1. Elizarov D. O. Perspektivy vozdel'yvaniya soi v mire i Rossii // Agricultural science – 2022: materialy Vserossiyskoy konferentsii molodykh issledovateley Moscow, 2022. Pp. 973–976. (In Russian.)
2. Sel'skoe khozyaystvo, okhota i lesnoe khozyaystvo [Agriculture, hunting and forestry] [e-resource]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (date of reference: 01.11.2022). (In Russian.)
3. Ivanov A. A., Alekseeva S. N., Chuvorkina T. N., Kadykova O. F. Razvitiye proizvodstva zernobobovykh kul'tur i soi – faktor dinamichnogo razvitiya agrarnogo sektora regiona na primere Penzenskoy oblasti [The development of production of leguminous crops and soybeans is a factor in the dynamic development of the agricultural sector of the region on the example of the Penza region] // Vestnik of the Mari State University. Series “Agricultural sciences. Economic sciences”. 2021. Vol. 7. No. 3. Pp. 284–294. DOI: 10.30914/2411-9687-2021-7-3-284-294. (In Russian.)
4. Karges K., Bellingrath-Kimura S. D., Halwani M. et al. Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe // European Journal of Agronomy. 2022. Vol. 133. Article number 126415. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126415.
5. Ismagilov K. R. Osnovnyye napravleniya effektivnogo ispol'zovaniya prirodnykh resursov v rasteniyevodstve [The main directions of effective use of natural resources in crop production] // Aktual'nye nauchno-tehnicheskie sredstva i sel'skohozyajstvennyye problemy: VI Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Kemerovo, 2021. Pp. 214–218. (In Russian.)
6. Pis'mennaya E. V., Azarova M. Yu., Stukalo V. A. et al. Optimizatsiya posevnykh ploshchadey Stavropol'skogo kraya na osnove agroresursnogo potentsiala [Optimization of sown areas of the Stavropol Territory on the basis of agricultural potential] // Zemledelie. 2019. No. 7. Pp. 8–11. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10701. (In Russian.)
7. Dozorov A. V., Naumov A. Yu., Rakhimova Yu. M. et al. Symbiotic and photosynthetic activity of soybean in case of application of different herbicides and soil tillage methods // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 2017. Vol. 19. No. 2. Pp. 461–465.
8. Ismagilov R. R., Gazizov F. A., Zaripova G. K. Simbioticheskaya fiksatsiya atmosfernogo azota soyey v usloviyakh stepnogo Predural'ya [Symbiotic fixation of atmospheric nitrogen by soybeans in the conditions of the steppe Urals] // Puti povysheniya effektivnosti APK v usloviyakh vstupleniya Rossii v VTO: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (k XIII mezhdunarodnoy spetsializirovannoy vystavke “AGRO-2003”). Ufa, 2003. Pp. 212–215. (In Russian.)
9. Ermolina O. V., Korotkova O. V. Vliyaniye gidrotermicheskikh usloviy po fazam ontogeneza na urozhaynost' semyan soi [Influence of hydrothermal conditions by phases of ontogenesis on soybean seed yield] // Legumes and grain crops. 2016. No. 3 (19). Pp. 70–76. (In Russian.)
10. Agroklimaticheskie resursy Bashkirskoy ASSR [Agro-climatic resources of the Bashkir ASSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1976. 235 p. (In Russian.)

11. Dorokhov A. S., Belyshkina M. E. Agroklimaticheskaya kharakteristika regionov Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii i otsenka prigodnosti dlya vozdeleyvaniya sovremennykh rannespelykh sortov soi [Agroclimatic characteristics of the regions of the non-chernozem zone of the Russian Federation and assessment of suitability for cultivation of modern early-ripe soybean varieties] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. No. 3 (55). Pp. 34–39. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-34-39. (In Russian.)
12. Sakhautdinov B. M. Biokhimicheskiye protsessy v soye pri posleuborochnom dozrevanii v zavisimosti ot sroka uborki [Biochemical processes in soybeans during post-harvest ripening, depending on the period of harvesting] // Trudy BSKHI. 1939. Vol. 2. Pp.138–159. (In Russian.)
13. Gazizov F. A., Zaripova G. K., Ismagilov P. P. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' posevov i produktivnost' soi v usloviyakh Predural'skoy stepi Bashkortostana [Photosynthetic activity of crops and soybean productivity in the conditions of the Pre-Ural steppe of Bashkortostan] // Introduktsiya netraditsionnykh i redkikh sel'skokhozyaystvennykh rasteniy: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ul'yanovsk, 2002. Pp. 324–328. (In Russian.)
14. Davletov F. A., Akhmadullina I. I., Gaynullina K. P. Rezul'taty izucheniya sortov soi v usloviyakh Respubliki Bashkortostan [Results of the study of soybean varieties in the conditions of the Republic of Bashkortostan] // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 2 (88). Pp. 49–55. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-49-55.3. (In Russian.)
15. Ismagilov K. R. Agroklimaticheskiye resursy i razmeshcheniye posevov soi na territorii Respubliki Bashkortostan [Agroclimatic resources and placement of soybean crops in the Republic of Bashkortostan] // Fundamental'nye osnovy i prikladnye resheniya aktual'nykh problem vozdeleyvaniya zernovykh bobovykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati rektora Ul'yanovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni P. A. Stolypina (2004–2019 gg.), Pochetnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovaniya RF, Pochetnogo rabotnika agropromyshlennogo kompleksa Rossii, doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora Dozorova Aleksandra Vladimirovicha. Ul'yanovsk, 2020. Pp. 276–283. (In Russian.)
16. Kashevarov N. I. Soloshenko V. A., Vasyakin N. I. Soya v Zapadnoy Sibiri [Soybeans in Western Siberia]. Novosibirsk: Sibirskoe Otdelenie RASKHN, 2004. 255 p. (In Russian.)
17. Korsakov N. I., Myakushko Yu. P. Soya: metodicheskiye ukazaniya po selektsii i semenovodstvu [Soybeans: guidelines for breeding and seed production]. Leningrad, 1975. 160 p. (In Russian.)
18. Nurlygayanov R. B., Komissarov A. V., Ismagilov K. R., Giniyatova F. F. Vozdeleyvaniye soi na semena v razlichnykh urovnyakh vodnogo rezhima [Cultivation of soybeans for seeds in different levels of water regime] // Russian electronic scientific journal. 2019. No. 4 (34). Pp. 207–219. DOI: 10.31563/2308-9644-2019-34-4-207-219. (In Russian.)
19. Pozdnyakova A. V., Zelentsov S. V. Vidovaya, genotipicheskaya i modifikatsionnaya izmenchivost' elementov tsvetka u soi [Species, genotypic and modification variability of flower elements in soybeans] // The Scientific Heritage. 2020. No. 44-5 (44). Pp. 14–15. (In Russian.)
20. Galichenko A. P., Fokina E. M. Vliyaniye meteorologicheskikh usloviy na formirovaniye urozhaynosti sortov soi selektsii VNII soi [The influence of meteorological conditions on the formation of the yield of soybean varieties of selection of the All-Russian Research Institute of Soybeans] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25. (In Russian.)
21. Novikova L. Y., Bulakh P. P., Nekrasov A. Y., Seferova I. V. Soybean response to weather and climate conditions in the Krasnodar and Primorye territories of Russia over the past decades // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 9. Article number 10091278. DOI: 10.3390/agronomy10091278. EDN URTKOC.
22. Sobko O., Gruber S., Claupein W. et al. Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) merr) production in central and south Germany // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 12. DOI: 10.3390/agronomy10121847.
23. Golovina E. V., Leuhina O. V., Leukhina T. V. Vliyaniye pogodnykh usloviy na formirovaniye khozyaystvenno tsennykh priznakov u sortov soi razlichnoy selektsii [The influence of weather conditions on the formation of economically valuable traits in soybean varieties of various selections] // Legumes and great crops. 2022. No. 2 (42). Pp. 24–32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-24-32. (In Russian.)
24. Jo S.-G., Kang Y.-I., Om K.-S., Cha Y.-H., Ri S.-Y. Growth, photosynthesis and yield of soybean in ridge-furrow intercropping system of soybean and flax // Field Crops Research. 2022. Vol. 275. Article number 108329. DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108329.

Author's information:

Kamil R. Ismagilov¹, candidate of economic sciences, leading researcher of the laboratory of selection and seed production of spring wheat, ORCID 0000-0002-02120116x, AuthorID 689602; +7 903 310-31-86, ismagilovk@mail.ru

¹ Bashkir Research Institute of Agriculture of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Агромелиоративная характеристика черноземов южных в связи с орошением

Л. А. Сенькова¹, Л. В. Гринец^{2, 3}✉

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³ Уральский Федеральный университет имени первого Президента Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: grinez.larisa@mail.ru

Аннотация. Актуальность орошения усиливается в связи с деградацией почв, геополитическим и ресурсным потенциалом территорий и фундаментальным изменением стратегии развития России. **Цель** исследований – решение актуальных научных и практических задач агрогидрофизики черноземов Кулунды в связи с разработкой почвосберегающей технологии орошения на основе знаний о процессах передвижения, удержания влаги в профиле и пределах ее доступности растениям. **Методы.** Используются полевые и лабораторные методы исследований почв: морфологическое исследование, определение физических и водных свойств почвы по общепринятым методикам. **Результаты.** Мелиоративные свойства черноземов южных легкосуглинистых Северной Кулунды имеют особенности в гранулометрическом составе, где преобладают песчаные фракции размером 0,25–1 и 0,05–0,25 мм и составляющие 46–77 % всех частиц, обеспечивающих слабую водоудерживающую способность, хорошую промытость от легкорастворимых солей. Хорошая дренированность почв обеспечена подстилающими их супесями, суглинками, песками. Высокая плотность сложения почвообразующих и подстилающих пород обеспечивает беспросадочное орошение этих почв. Слабая оструктуренность наряду с благоприятной микроагрегированностью создает благоприятные водно-физические свойства. Значительная часть пор по профилю при состоянии наименьшей влагоемкости (НВ) свободна от воды. Водопроницаемость и фильтрация с поверхности повышенные. Запасы влаги при влажности завядания (ВЗ) в слоях 0–50 см и 0–100 см составляют соответственно 45 мм и 90,82 мм. НВ на пашне в слое 0–50 см составляет 114,7 мм (15,5 %), в слое 0–100 см достигает 218,7 мм (14,2 %). Диапазон активной влаги (ДАВ) узкий, что необходимо учитывать при расчете режимов орошения почвы. **Научная новизна.** Представлены все необходимые параметры для разработки современной почво-водосберегающей технологии орошения черноземов южных легкосуглинистых, нуждающихся в оптимизации водного режима: морфология, полная характеристика физических и гидрологических свойств, состав порового пространства. Исследованные почвенно-гидрологические константы этих почв могут быть использованы для глубокого изучения особенностей поведения влаги в их профиле, пределов ее доступности растениям и в итоге разработки современной технологии выборочного и локального орошения почв. Познание солевого состава почвы и ее почвообразующих пород позволит при разработке режимов орошения избежать вторичного засоления.

Ключевые слова: почва, чернозем южный, орошение, почвозащитная технология, гидрологические свойства почв, водопроницаемость, водоудерживающая способность почвы, почвенно-гидрологические константы.

Для цитирования: Сенькова Л. А., Гринец Л. В. Агромелиоративная характеристика черноземов южных в связи с орошением // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 14–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-14-29.

Дата поступления статьи: 30.12.2022, **дата рецензирования:** 18.01.2023, **дата принятия:** 27.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Степной пояс является основным регионом в производстве сельскохозяйственной продукции. Его роль все более возрастает в связи с геополитическим и ресурсным потенциалом территорий, со-

временным состоянием почвенного покрова и связанного с ним сельскохозяйственного производства, а также фундаментальным изменением стратегии развития России. Также для решения принципиальной проблемы оптимизации взаимодействия приоро-

ды и общества в условиях глобального изменения природной среды необходимо оценить текущее и прогнозируемое изменение климата [1; 2, с. 96–99].

При этом выявлена необходимость системного подхода к анализу технологических рисков в мелиоративном земледелии России [3, с. 221].

Глобальное изменение климата требует углубленного изучения и понимания региональных особенностей изменения водного режима почв агро-степи. Длительное применение различных видов основной обработки почвы лишь снижало количество сорной растительности, но не решало эту проблему [4, с. 22].

Экстенсивный характер использования почв в земледелии Кулундинской степи привели к процессам засух и ветровой эрозии [5; 6], а ненормированное орошение негативно повлияло на физические и водные свойства агропочв [7, с. 50].

Принципы и методы комплексных агрофизических исследований известны [8, с. 2–7]. Однако устойчивое высокопродуктивное земледелие в степной засушливой зоне Кулундинской степи осуществляли за счет ненормированного орошения. Для этого в конце XX века в Западной Кулунде построено более 80 искусственных водоемов-накопителей, оборудованных на дне противофильтрационной защитой из полиэтиленовой пленки. Вблизи водохранилищ, прудов и водоемов-накопителей, созданных без учета важнейших мелиоративных характеристик почв и почвогрунтов, происходило увеличение запасов подземных вод. По состоянию на конец 1995 г. ненормированное орошение 77 690 га приводило к повсеместному повышению уровня грунтовых вод и, как следствие, вторичному засолению почв [6; 9].

Проект «Кулунда», рассчитанный на период 2011–2016 гг., предусматривал экологические и экономические стратегии устойчивого землепользования в аридных степях России. Он включал в основном анализ состояния природной среды и создание консультационной и управленческой платформы для реализации и внедрения в практику эколого-экономических стратегий устойчивого развития сельского хозяйства [6].

Анализ работ многих авторов показал, что до настоящего времени разработка теоретических и практических вопросов обоснования повышения эффективности использования орошаемых земель недостаточны. Многие научные изыскания были направлены на выявление закономерностей формирования режима грунтовых вод под влиянием орошения в условиях глубокого промерзания почвогрунтов и изменения их свойств, а также разработку комплекса мероприятий по предотвращению подъема уровня грунтовых вод и предупреждению вторичного засоления почв [10; 11].

Такой подход и применяемые методы расчетов режимов орошения массивов конкретных почв не сдерживал негативные процессы в почвах. Позднее широкое применение нашло капельное орошение сельскохозяйственных культур [12, с. 16; 13]. Однако для возделывания основных культур в степных районах этот способ не всегда возможен.

В связи с современными агро-мелиоративными задачами требуется более глубокое и комплексное исследование агро-мелиоративных свойств почв, пригодных для орошаемого земледелия.

В настоящее время в РФ и других странах развиваются разнообразные системы орошения. Их соотношение в зависимости от условий отличается. Интенсивность орошения наиболее высока в южно-европейских странах. Самые высокие значения наблюдаются в южной Румынии, в северной Италии (Падано-Венецианская равнина и долина реки По), в Испании, а также в ряде областей Турции и Греции [14; 15].

Но разработка почвосберегающей технологии орошения нуждается в корректировке научного обоснования и остается весьма актуальной.

Зональные пахотные почвы легкого гранулометрического состава являются первоочередным объектом орошения в центральных и северных районах Кулунды. Однако эти почвы имеют малую водоудерживающую способность, весьма неустойчивый, неудовлетворительный для сельскохозяйственных культур водный режим и ограниченные возможности его регулирования агротехническими приемами.

Наиболее пригодными и перспективными для орошаемого земледелия в Кулунде являются черноземы южные легкосуглинистые [16, с. 24–34]. Для обоснования высокоэффективной и, что не менее важно, водо- и почвосберегающей технологии орошения в этом специфичном по природно-мелиоративным условиям регионе необходимо знание закономерностей передвижения и удержания влаги в почве и ее доступности растениям в зависимости от степени и глубины увлажнения почвенного профиля. Для этого прежде всего необходима их полная агро-мелиоративная характеристика. Поэтому целью данной работы является глубокое изучение физических и водных свойств, почвенно-гидрологических констант, солевого состава, степени засоления чернозема южного легкосуглинистого и его почвообразующей породы. В задачи входило проведение полевых и лабораторных исследований этих показателей почв и почвообразующей породы, а также изучение влияния глубины залегания грунтовых вод и их капиллярной каймы на свойства почвы.

Северо-Кулундинская озерно-аллювиальная равнина, или Северная Кулунда, составляет северную и северо-западную окраины обширной Кулундинской степи и располагается в южной равнинной

части Обь-Иртышского междуречья [17, с. 314]. Она представляет собой недренированную, бессточную территорию с положительными (гривы и плоские гривообразные повышения) и отрицательными (межгривные понижения) формами рельефа. Своеобразный гривно-лощинный рельеф, осложненный озерными котловинами, накладывает отпечаток на почвенный покров, являясь одной из главных причин его комплексности, неоднородного мелиоративного состояния и негативных последствий орошения черноземов дождеванием [18].

Орошение не только сказывается на водном режиме почв, но и отражается на гранулометрическом составе почв и почвообразующих пород [19, с. 52].

На развитие корневой системы естественной и культурной растительности влияет малая зона активного тепловлагооборота, обусловленная резкой континентальностью, засушливостью климата, что нашло отражение в генетических и агрометрических свойствах почв.

Методология и методы исследования (Methods)

Для изучения морфологии и свойств почв, почвообразующих пород и грунтовых вод использованы полевые методы исследований с заложением почвенных разрезов с добурированием до грунтовых вод, из которых по генетическим горизонтам в 6-кратной повторности определяли естественную влажность термостатно-весовым методом, плотность сложения режущим кольцом. Для определения водопроницаемости использовали прибор ПВН. Лабораторными методами определены гранулометрический и микроагрегатный составы почв по Н. А. Качинскому, плотность твердой фазы – пикнометрическим методом, порозность – расчетным методом, состав легкорастворимых солей и оценка засоления почв – методом водной вытяжки [20].

Глубокое изучение агрометрических характеристик почв позволяет пополнять банк почв, который можно использовать в целях рационального экологически направленного использования земельных ресурсов [21].

Результаты (Results)

Своеобразие биоклиматических и геоморфологических условий Северо-Кулиндинской озерно-аллювиальной равнины определило ряд особенностей мелиоративных свойств черноземов южных, широко распространенных в пределах данной равнины.

Строение профиля южных черноземов следующее. Горизонт А мощностью 12–25 см, темно-серый, рыхлый или слабо уплотненный, непрочный-комковатый. Горизонт В₁ мощностью 15–25 см, светлее предыдущего, уплотненный, комковатый или ореховато-комковатый. Горизонт В₂ мощностью около 20 см, бурый с затеками гумусовых веществ, уплотнен, комковатый. Горизонт С находится на глубине 60–150 см, плотный, с выделениями карбонатов.

Эти почвы имеют малую мощность гумусового горизонта. Содержание гумуса низкое, в пахотном слое 1,73 %, в горизонте В₂ снижается до 0,61 %. Эти особенности обусловлены биологическим круговоротом веществ в условиях напряженного водного режима почв. При этом корневая система растений не проникает в глубокие горизонты почвы, и микробиологическая деятельность затухает.

Легкий гранулометрический состав почвообразующих пород южных черноземов обеспечивают хорошую промытость их профиля от легкорастворимых солей (таблица 1).

Плотный остаток по профилю почвы не превышает 0,18 %, и только на глубине около 6 м обнаруживается небольшое количество растворимых солей и гипса. Средние запасы солей в слое 0–50 см составляют 7–8 т/га, в слое 0–10 см – около 20 т/га, в толще 0–200 см содержится 50–60 т/га. Многочисленные исследования солевого состава орошаемых почв свидетельствуют о локальном засолении почв в условиях локального орошения [22, с. 1557].

Реакция среды благоприятная, в верхних горизонтах почвы нейтральная или близкая к ней, в карбонатных – щелочная (таблица 1).

А. В. Мартынов считает, что понижение рН почвы изменяет биологическую активность и оказывает негативное воздействие на наземные экосистемы [23].

Грунтовые воды залегают на глубине более 3 м, и капиллярная кайма невелика (80–100 см) в связи с легким гранулометрическим составом почвообразующих пород, поэтому они не влияют на водный режим черноземов, это является хорошей предпосылкой ведения научно-обоснованного нормированного орошаемого земледелия на этих почвах.

На территории Северной Кулунды гранулометрический состав черноземов различен, в значительной степени меняется в широком направлении от тяжелых суглинков на севере до легких суглинков и супеси на юге. Однако тяжелосуглинистых черноземов немного, они встречаются в северной части равнин на плоских повышениях. Солонцеватые южные черноземы, залегающие на склонах грив, чаще всего суглинистые. Преобладающими являются легкосуглинистые южные черноземы, расположенные на относительно высоких гривах. Эти почвы оцениваются как остро нуждающиеся в орошении и как наилучший в Северной Кулунде объект для орошения.

Для гранулометрического состава легкосуглинистых южных черноземов характерно абсолютное преобладание песчаных фракций размером 0,25–1 и 0,05–0,25 мм, которые составляют до 46–77 % всех частиц (таблица 2).

Наименьшее количество частиц приходится на пыль среднюю (0,1–6,6 %).

Состав водной вытяжки чернозема южного

Глубина, см	Плотный остаток, %	Мг-экв. на 100 г абсолютно сухой почвы							CaCO ₃	pH _B
		ионы								
		CO ₃ ²⁺	HCO ₃ ⁺	Cl ⁺	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский район										
0–10	0,080	нет	0,16	0,10	1,06	0,26	0,08	0,98	нет	не опр.
10–20	0,045	нет	0,20	0,08	0,53	0,36	0,10	0,35	нет	не опр.
45–55	0,050	нет	0,24	0,10	0,37	0,12	0,06	0,54	0,57	не опр.
80–90	0,181	нет	0,52	0,12	2,33	0,38	0,12	2,57	1,71	не опр.
115–125	0,078	нет	0,48	0,12	0,58	0,34	0,12	0,72	1,14	не опр.
250–260	0,110	нет	0,56	0,18	0,85	0,24	0,22	1,13	0,71	не опр.
380–390	0,079	нет	0,56	0,26	0,37	0,30	0,30	0,59	1,43	не опр.
Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский район										
0–20	0,010	нет	0,70	0,14	0,41	0,21	0,21	0,83	не опр.	6,9
20–50	0,070	нет	0,44	0,14	0,23	0,15	0,15	0,71	не опр.	7,8
50–70	0,100	нет	0,88	0,12	0,67	0,27	0,10	1,13	не опр.	8,2
70–90	0,110	нет	0,52	0,15	1,54	0,20	0,20	1,81	не опр.	8,4
90–140	0,090	нет	0,46	0,20	0,73	0,20	0,28	0,91	не опр.	8,7
140–200	0,100	нет	0,84	0,32	0,34	0,17	0,19	1,14	не опр.	9,2

Table 1
The composition of the aqueous extract of southern chernozem

Depth, cm	Dense residue, %	Mg-eq. per 100 g of absolutely dry soil							CaCO ₃	pH _B
		ions								
		CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na+K		
The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district										
0–10	0.080	no	0.16	0.10	1.06	0.26	0.08	0.98	no	undefined
10–20	0.045	no	0.20	0.08	0.53	0.36	0.10	0.35	no	undefined
45–55	0.050	no	0.24	0.10	0.37	0.12	0.06	0.54	0.57	undefined
80–90	0.181	no	0.52	0.12	2.33	0.38	0.12	2.57	1.71	undefined
115–125	0.078	no	0.48	0.12	0.58	0.34	0.12	0.72	1.14	undefined
250–260	0.110	no	0.56	0.18	0.85	0.24	0.22	1.13	0.71	undefined
380–390	0.079	no	0.56	0.26	0.37	0.30	0.30	0.59	1.43	undefined
The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district										
0–20	0.010	no	0.70	0.14	0.41	0.21	0.21	0.83	undefined	6.9
20–50	0.070	no	0.44	0.14	0.23	0.15	0.15	0.71	undefined	7.8
50–70	0.100	no	0.88	0.12	0.67	0.27	0.10	1.13	undefined	8.2
70–90	0.110	no	0.52	0.15	1.54	0.20	0.20	1.81	undefined	8.4
90–140	0.090	no	0.46	0.20	0.73	0.20	0.28	0.91	undefined	8.7
140–200	0.100	no	0.84	0.32	0.34	0.17	0.19	1.14	undefined	9.2

При сравнении целинных и пахотных черноземов видно, что в верхних слоях пашни они обременены пылевыми частицами, а в слое 0–10 см – и илистыми, что связывается с процессами ветровой эрозии. В некоторых случаях более низкое содержание илистых частиц в горизонте А по отношению к горизонту В объясняется наличием в почве солонцового процесса (таблица 2). Почвообразующие и подстилающие породы черноземов слоистые по гранулометрическому составу, что является наиболее характерной их особенностью, указывающей на иллювиальное происхождение. Гранулометрический состав профиля черноземов и их подстилающих пород имеет большое значение при орошении

(особенно крупных районов) в связи с возможными инфильтрационными потерями поливных вод и их оттоком. Наиболее пригодными для орошения будут те почвы, которые имеют либо однородное, либо не резко отличное и легкое по гранулометрическому составу слоистое строение.

В этом отношении черноземы южные солонцеватые, занимающие склоны грив, имеют более тяжелый гранулометрический состав не только в верхней части профиля, но и в подстилающих породах. Причем более тяжелые породы, как правило, засолены. Поэтому при орошении, особенно ненормированном, массивов южных черноземов, включающих участки почв с глубинным засолением и

чередующихся с понижениями, занятыми солонцеватыми и засоленными почвами, может произойти подъем грунтовых вод с последующим засолением и заболачиванием почв, расположенных на склонах грив и повышениях.

Хорошую дренированность профиля южных черноземов обеспечивают подстилающие их толщи супесей, суглинков, иногда песков (таблица 2), мощность которых достигает на ярко выраженных гривах 3–8 м.

Микроагрегатный состав легкосуглинистых южных черноземов в слое 0–60 см удовлетворительный, фактор дисперсности составляет 5,8–12,5. Начиная с карбонатного горизонта и ниже по профилю микроструктурность ухудшается, о чем свидетельствует фактор дисперсности, возрастающей породе до 32,7 у пониженно-вскипающих и до 83,5 – у солонцеватых черноземов, что связано в основном с уменьшением количества тонких частиц в гранулометрическом составе этого слоя почвы (таблица 3).

Макроагрегированность легкосуглинистых южных черноземов слабая (таблица 4). В их пахотном слое содержится более 60 % агрегатов фракции размером менее 1 мм, указывающих на слабую противэрозионную устойчивость. Содержание водо-

прочных агрегатов размером более 1 мм на пашне не превышает 6,3 %

Водопрочные фракции размером 0,25–1 мм представлены в основном элементарными механическими частицами.

Слабая оструктуренность легкосуглинистых черноземов сглаживается благоприятной микроагрегированностью и легким гранулометрическим составом с преобладающей песчаной фракцией, что обеспечивает благоприятные водно-физические свойства (таблица 5).

Плотность твердой фазы увеличивается вниз по профилю от 2,60 г/см³ в горизонте А до 2,78 г/см³ в горизонте С в соответствии с падением гумуса. В профиле легкосуглинистых южных черноземов отмечаются колебания плотности сложения и плотности твердой фазы, что связано со слоистостью гранулометрического состава.

Легкосуглинистые южные черноземы характеризуются высокими значениями плотности сложения, что обусловлено низким содержанием гумуса и плотной упаковкой почвенных частиц. Так, в пахотном слое 0–20 см она составляет 1,31–1,54 г/см³. Широкий интервал плотности сложения в этом слое свидетельствует о возможности этих почв к самоуплотнению.

Таблица 2
Гранулометрический состав черноземов южных

Глубина, см	Количество частиц, %, диаметр, мм						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
Чернозем южный. Целина. Карасукский район							
0–10	3,7	58,9	9,4	2,6	5,1	19,3	27,0
10–20	11,5	52,4	9,1	3,4	5,9	17,0	26,3
20–30	13,4	51,6	7,8	3,6	4,3	18,3	26,2
30–40	14,1	47,6	8,4	3,5	4,6	21,2	29,3
40–50	16,6	48,2	9,2	1,6	3,6	18,5	23,7
50–60	12,1	43,3	10,2	3,2	2,9	18,1	24,2
60–70	15,5	45,2	7,4	2,6	6,0	10,4	19,7
70–80	13,2	46,7	8,6	2,2	2,1	15,1	19,7
80–90	19,4	55,7	5,7	0,8	3,0	10,4	14,2
90–100	19,3	59,9	3,5	1,1	2,9	9,5	13,2
120–130	13,1	66,0	4,2	0,3	2,3	11,2	13,8
160–170	30,2	53,7	1,5	1,1	5,8	5,5	12,4
190–200	9,2	71,7	3,8	0,8	1,7	10,4	12,9
Чернозем южный. Пашня. Карасукский район							
0–10	24,8	45,1	5,6	1,4	6,3	16,0	23,7
10–20	18,0	44,2	11,9	2,8	3,8	18,2	24,8
20–30	24,2	41,5	7,4	6,6	2,3	18,4	27,8
30–40	23,7	47,1	5,6	1,2	5,8	16,3	23,3
40–50	25,2	47,5	6,4	0,8	4,4	15,2	20,4
50–60	27,4	48,9	5,5	0,4	3,1	14,2	17,7
60–70	13,7	27,4	13,8	3,8	6,0	20,3	30,1
70–80	17,3	35,0	9,3	2,2	6,9	16,8	25,9
80–90	19,6	46,2	6,4	1,4	1,7	13,9	17,0
90–100	18,7	66,7	1,6	0,1	0,8	9,7	10,6
140–150	14,0	46,9	11,4	0,8	4,9	16,2	21,9
310–320	13,2	61,5	5,4	4,2	0,3	12,4	16,9
560–570	13,1	66,6	3,9	0,1	0,7	13,0	13,8

Table 2

Granulometric composition of southern chernozems

Depth, cm	Number of particles, %, diameter, mm						
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	< 0.01
Southern Chernozem. Virgin soil. Karasuk district							
0-10	3.7	58.9	9.4	2.6	5.1	19.3	27.0
10-20	11.5	52.4	9.1	3.4	5.9	17.0	26.3
20-30	13.4	51.6	7.8	3.6	4.3	18.3	26.2
30-40	14.1	47.6	8.4	3.5	4.6	21.2	29.3
40-50	16.6	48.2	9.2	1.6	3.6	18.5	23.7
50-60	12.1	43.3	10.2	3.2	2.9	18.1	24.2
60-70	15.5	45.2	7.4	2.6	6.0	10.4	19.7
70-80	13.2	46.7	8.6	2.2	2.1	15.1	19.7
80-90	19.4	55.7	5.7	0.8	3.0	10.4	14.2
90-100	19.3	59.9	3.5	1.1	2.9	9.5	13.2
120-130	13.1	66.0	4.2	0.3	2.3	11.2	13.8
160-170	30.2	53.7	1.5	1.1	5.8	5.5	12.4
190-200	9.2	71.7	3.8	0.8	1.7	10.4	12.9
Southern Chernozem. Arable land. Karasuk district							
0-10	24.8	45.1	5.6	1.4	6.3	16.0	23.7
10-20	18.0	44.2	11.9	2.8	3.8	18.2	24.8
20-30	24.2	41.5	7.4	6.6	2.3	18.4	27.8
30-40	23.7	47.1	5.6	1.2	5.8	16.3	23.3
40-50	25.2	47.5	6.4	0.8	4.4	15.2	20.4
50-60	27.4	48.9	5.5	0.4	3.1	14.2	17.7
60-70	13.7	27.4	13.8	3.8	6.0	20.3	30.1
70-80	17.3	35.0	9.3	2.2	6.9	16.8	25.9
80-90	19.6	46.2	6.4	1.4	1.7	13.9	17.0
90-100	18.7	66.7	1.6	0.1	0.8	9.7	10.6
140-150	14.0	46.9	11.4	0.8	4.9	16.2	21.9
310-320	13.2	61.5	5.4	4.2	0.3	12.4	16.9
560-570	13.1	66.6	3.9	0.1	0.7	13.0	13.8

Таблица 3

Микроагрегатный состав черноземов южных

Глубина, см	Количество частиц, %, диаметр, мм						Фактор дисперсности
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	
Чернозем южный. Пашня. Карасукский район							
0-10	26,6	43,2	14,2	9,6	4,8	1,6	10,1
10-20	22,4	51,4	14,6	4,5	5,3	1,8	12,0
25-35	17,2	61,1	12,9	2,7	4,2	1,9	10,4
45-55	12,3	60,0	18,9	2,1	4,1	2,6	12,5
70-80	22,2	54,4	11,6	6,8	1,3	3,7	25,0
110-120	11,7	54,5	20,0	7,8	2,8	3,2	17,4
140-150	22,7	58,8	6,0	2,6	6,2	3,7	32,7
Чернозем южный. Пашня. Карасукский район							
0-10	9,5	43,6	30,2	8,0	7,0	1,7	7,8
10-20	11,5	40,5	26,4	6,6	3,7	1,3	5,8
25-35	12,6	50,0	24,2	4,9	5,3	3,0	10,6
80-90	15,3	47,5	16,9	7,8	8,4	4,3	20,2
125-135	2,0	26,5	42,2	9,1	14,0	6,2	83,5
Чернозем южный. Пашня. Карасукский район							
0-10	26,5	39,3	27,8	2,7	2,4	1,3	6,7
10-20	22,4	44,5	27,5	2,5	1,9	1,2	6,6
20-30	23,8	41,1	30,7	1,6	1,1	1,7	7,7
60-70	21,2	50,6	23,7	1,2	1,3	2,0	14,7
90-100	16,6	53,9	24,5	0,8	1,8	2,4	17,3
130-140	21,6	53,0	21,0	0,9	1,1	2,4	22,0
140-150	11,0	64,1	20,0	1,2	1,5	2,2	17,9
160-170	19,2	51,1	24,3	1,5	1,4	2,5	18,2
190-200	22,3	61,4	11,6	0,8	1,7	2,2	19,3

Table 3

Microaggregate composition of southern chernozems

Агротехнологии

Depth, cm	Number of particles, %, diameter, mm						Dispersity factor
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	< 0.001	
<i>Chernozem. Arable land. Karasuk district</i>							
0–10	26.6	43.2	14.2	9.6	4.8	1.6	10.1
10–20	22.4	51.4	14.6	4.5	5.3	1.8	12.0
25–35	17.2	61.1	12.9	2.7	4.2	1.9	10.4
45–55	12.3	60.0	18.9	2.1	4.1	2.6	12.5
70–80	22.2	54.4	11.6	6.8	1.3	3.7	25.0
110–120	11.7	54.5	20.0	7.8	2.8	3.2	17.4
140–150	22.7	58.8	6.0	2.6	6.2	3.7	32.7
<i>Chernozem. Arable land. Karasuk district</i>							
0–10	9.5	43.6	30.2	8.0	7.0	1.7	7.8
10–20	11.5	40.5	26.4	6.6	3.7	1.3	5.8
25–35	12.6	50.0	24.2	4.9	5.3	3.0	10.6
80–90	15.3	47.5	16.9	7.8	8.4	4.3	20.2
125–135	2.0	26.5	42.2	9.1	14.0	6.2	83.5
<i>Chernozem. Arable land. Karasuk district</i>							
0–10	26.5	39.3	27.8	2.7	2.4	1.3	6.7
10–20	22.4	44.5	27.5	2.5	1.9	1.2	6.6
20–30	23.8	41.1	30.7	1.6	1.1	1.7	7.7
60–70	21.2	50.6	23.7	1.2	1.3	2.0	14.7
90–100	16.6	53.9	24.5	0.8	1.8	2.4	17.3
130–140	21.6	53.0	21.0	0.9	1.1	2.4	22.0
140–150	11.0	64.1	20.0	1.2	1.5	2.2	17.9
160–170	19.2	51.1	24.3	1.5	1.4	2.5	18.2
190–200	22.3	61.4	11.6	0.8	1.7	2.2	19.3

Таблица 4

Агрегатный состав легкосуглинистых южных черноземов

Угодье	Глубина, см	Содержание агрегатов (мм), %					
		> 1	1–0,25	< 0,25	> 1	1–0,25	< 0,25
		Сухое просо			Мокрое просеивание		
Пашня	0–10	41,0	21,0	38,0	2,1	14,0	83,9
	20–40	49,0	21,0	30,0	0,8	20,9	78,3
Целина	0–10	54,9	21,1	24,0	20,4	30,0	49,6
	10–20	59,6	17,9	22,5	15,0	26,9	58,1
	20–30	59,5	19,3	21,2	17,5	36,0	54,5
Пашня	1–10	37,2	30,2	32,6	6,3	35,2	58,5
	10–20	37,2	30,2	32,1	3,6	37,0	59,4
	20–30	62,2	15,7	22,1	3,3	38,4	58,3

Table 4

Aggregate composition of light loamy southern chernozems

Land	Depth, cm	Content of aggregates (mm), %					
		> 1	1–0.25	< 0.25	> 1	1–0.25	< 0.25
		Dry screening			Wet screening		
Arable land	0–10	41.0	21.0	38.0	2.1	14.0	83.9
	20–40	49.0	21.0	30.0	0.8	20.9	78.3
Virgin soil	0–10	54.9	21.1	24.0	20.4	30.0	49.6
	10–20	59.6	17.9	22.5	15.0	26.9	58.1
	20–30	59.5	19.3	21.2	17.5	36.0	54.5
Arable land	1–10	37.2	30.2	32.6	6.3	35.2	58.5
	10–20	37.2	30.2	32.1	3.6	37.0	59.4
	20–30	62.2	15.7	22.1	3.3	38.4	58.3

В нижележащих горизонтах плотность сложения закономерно увеличивается и в почвообразующей породе составляет 1,60–1,73 г/см³. При сравнении величин плотности сложения почвы на пашне и целине видно, что в результате постоянной обработки на глубину 0–20 см в пахотном слое отчетливо выявляется плужная подошва с плотностью сложения 1,58–1,61 г/см³, в то время как на целине на этой глубине этот показатель значительно ниже (1,49 г/см³).

Исследованиями установлено, что после вывoda почвы из сельскохозяйственного оборота ее структурно-агрегатные характеристики могут восстанавливаться [24].

Изменения плотности сложения и плотности твердой фазы отражаются на общей пористости и пористости аэрации, которые в подпахотных горизонтах имеют тенденцию к падению ниже 40 и 20 % от объема почвы соответственно (таблица 5). Так, в пахотном, наиболее обогащенном гумусом слое общая пористость составляет 42,8–50,0 %, а с глубиной уменьшается до 35,4–40,1 %.

Пониженная пористость почвообразующих и подстилающих пород наряду с высокой плотностью сложения обеспечивает беспросадочное орoшение черноземов южных легкосуглинистых.

Таблица 5
Водные и физические свойства черноземов южных

Глубина, см	Плотность, г/см ³		Общая пористость, % от объема почвы	НВ		МГ	ВЗ	ДАВ	Пористость аэрации, % от объема
	сложения	твердой фазы		от массы почвы	от объема почвы				
Разрез 1. Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский район									
0–10	1,31	2,63	50,0	14,4	18,9	3,8	4,9	9,6	31,1
10–20	1,46	2,63	42,8	13,6	19,9	3,6	3,6	10,0	22,9
20–30	1,62	2,64	38,6	11,3	18,3				20,3
30–40	1,58	2,66	39,2	10,3	16,3	3,9	5,1	5,2	22,9
40–50	1,58	2,66	39,2	11,3	17,8				21,4
50–60	1,60	2,66	38,7	12,6	20,2	4,3	5,6	7,0	18,5
60–70	1,60	2,66	38,7	12,7	20,3				18,4
70–80	1,60	2,66	38,7	13,1	19,4				19,3
80–90	1,60	2,66	38,7	11,4	18,3	4,8	6,3	5,1	20,4
90–100	1,60	2,68		11,7	18,8				19,9
100–150	1,70	2,70	37,0			3,4	4,4		
150–200	1,71	2,68	36,1			3,8	4,9		
Разрез 2. Чернозем южный легкосуглинистый. Целина. Карасукский район									
0–10	1,42	2,65	46,4	18,0	25,6	5,8	7,5	10,5	30,8
10–20	1,51	2,62	42,4	16,4	24,7	4,6	6,0	10,4	17,7
20–30	1,49	2,69	44,6	15,9	23,7	4,6	6,0	9,9	20,9
30–40	1,51	2,70	44,1	15,0	22,6	5,3	6,9	8,1	21,5
40–50	1,49	2,69	44,6	13,9	20,1	4,5	5,8	8,1	24,5
50–60	1,49	2,70	44,8	14,1	21,0	5,1	6,6	7,5	23,8
60–70	1,55	2,70	42,6	14,5	22,5	4,1	5,3	9,2	20,1
70–80	1,60	2,70	40,7	14,2	22,1	4,3	5,6	8,6	18,6
80–90	1,63	2,70	39,6	15,9	25,9	2,9	3,8	12,1	13,7
90–100	1,72	2,68	35,8	16,9	29,1	2,6	3,4	13,5	6,7
160–170	1,70	2,70	36,9	15,7	26,7	2,4	3,1	12,6	10,2
190–200	1,73	2,71	36,2	15,9	27,5	2,4	3,1	12,8	8,7
Разрез 3. Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский р-н									
0–10	1,33	2,59	49,0	17,5	23,3	4,8	6,2	11,3	25,7
10–20	1,54	2,60	40,7	17,9	27,6	4,9	6,4	11,5	13,1
20–30	1,61	2,62	40,0	14,4	23,2	5,0	6,5	7,9	16,8
30–40	1,67	2,63	36,5	12,8	21,4	4,0	5,3	7,5	15,1
40–50	1,65	2,65	37,7	11,9	19,5	3,5	4,6	7,3	18,2
50–60	1,48	2,61	43,2	11,9	17,6	3,5	4,6	7,3	25,6
60–70	1,51	2,64	42,8	12,2	18,4	6,8	8,8	3,4	24,4
70–80	1,60	2,67	40,1	12,9	20,6	5,5	7,2	5,7	19,5
80–90	1,64	2,64	37,9	13,0	21,3	3,7	4,8	8,2	16,6
90–100	1,60	2,64	39,4	8,5	13,6	2,3	3,0	5,3	25,8
100–110	1,69	2,64	36,0	8,5	14,0	3,0	3,9	4,4	22,0
190–200	1,70	2,63	35,4	11,9	20,2	4,8	6,2	5,7	15,2

Table 5

Water and physical properties of southern chernozems

Агротехнологии

Depth, cm	Density, g/cm ³		General porosity, % from soil volume	Lowest moisture capacity, %		Maximum absorbability, %	Wilt moisture, %	Active moisture range, %	Porosity aeration, % from volume
	of the additions	of the solid phase		from the mass soil	from volume soil				
Section 1. The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district									
0–10	1.31	2.63	50.0	14.4	18.9	3.8	4.9	9.6	31.1
10–20	1.46	2.63	42.8	13.6	19.9	3.6	3.6	10.0	22.9
20–30	1.62	2.64	38.6	11.3	18.3				20.3
30–40	1.58	2.66	39.2	10.3	16.3	3.9	5.1	5.2	22.9
40–50	1.58	2.66	39.2	11.3	17.8				21.4
50–60	1.60	2.66	38.7	12.6	20.2	4.3	5.6	7.0	18.5
60–70	1.60	2.66	38.7	12.7	20.3				18.4
70–80	1.60	2.66	38.7	13.1	19.4				19.3
80–90	1.60	2.66	38.7	11.4	18.3	4.8	6.3	5.1	20.4
90–100	1.60	2.68		11.7	18.8				19.9
100–150	1.70	2.70	37.0			3.4	4.4		
150–200	1.71	2.68	36.1			3.8	4.9		
Section 2. The southern chernozem is light loamy. Virgin soil. Karasuk district									
0–10	1.42	2.65	46.4	18.0	25.6	5.8	7.5	10.5	30.8
10–20	1.51	2.62	42.4	16.4	24.7	4.6	6.0	10.4	17.7
20–30	1.49	2.69	44.6	15.9	23.7	4.6	6.0	9.9	20.9
30–40	1.51	2.70	44.1	15.0	22.6	5.3	6.9	8.1	21.5
40–50	1.49	2.69	44.6	13.9	20.1	4.5	5.8	8.1	24.5
50–60	1.49	2.70	44.8	14.1	21.0	5.1	6.6	7.5	23.8
60–70	1.55	2.70	42.6	14.5	22.5	4.1	5.3	9.2	20.1
70–80	1.60	2.70	40.7	14.2	22.1	4.3	5.6	8.6	18.6
80–90	1.63	2.70	39.6	15.9	25.9	2.9	3.8	12.1	13.7
90–100	1.72	2.68	35.8	16.9	29.1	2.6	3.4	13.5	6.7
160–170	1.70	2.70	36.9	15.7	26.7	2.4	3.1	12.6	10.2
190–200	1.73	2.71	36.2	15.9	27.5	2.4	3.1	12.8	8.7
Section 3. The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district									
0–10	1.33	2.59	49.0	17.5	23.3	4.8	6.2	11.3	25.7
10–20	1.54	2.60	40.7	17.9	27.6	4.9	6.4	11.5	13.1
20–30	1.61	2.62	40.0	14.4	23.2	5.0	6.5	7.9	16.8
30–40	1.67	2.63	36.5	12.8	21.4	4.0	5.3	7.5	15.1
40–50	1.65	2.65	37.7	11.9	19.5	3.5	4.6	7.3	18.2
50–60	1.48	2.61	43.2	11.9	17.6	3.5	4.6	7.3	25.6
60–70	1.51	2.64	42.8	12.2	18.4	6.8	8.8	3.4	24.4
70–80	1.60	2.67	40.1	12.9	20.6	5.5	7.2	5.7	19.5
80–90	1.64	2.64	37.9	13.0	21.3	3.7	4.8	8.2	16.6
90–100	1.60	2.64	39.4	8.5	13.6	2.3	3.0	5.3	25.8
100–110	1.69	2.64	36.0	8.5	14.0	3.0	3.9	4.4	22.0
190–200	1.70	2.63	35.4	11.9	20.2	4.8	6.2	5.7	15.2

Высокие значения пористости при состоянии наименьшей влагоемкости показывают, что в легкосуглинистых южных черноземах значительная часть пор по профилю (11,9–37,3 %) остается свободной от воды (таблица 5). Однако в солонцеватых черноземах в горизонте В воздухосодержание падает до низких значений (7–9,4 %), указывающих на возможность ухудшения воздушного режима и протекания в этих почвах анаэробных процессов при

орошении. Черноземы обычные и с пониженным вскипанием этому процессу при строго нормированном орошении не будут подвержены.

Отмеченные особенности гранулометрического состава, характера пористости, а также содержания гумуса обуславливают слабую гидросорбционную и водоудерживающую способность черноземов южных легкосуглинистых Северной Кулунды. Максимальная гигроскопичность (МГ) изменяется по

профилю почвы в зависимости от содержания илистой фракции и гумуса (таблицы 2, 5). Наибольшие значения МГ характерны для верхнего горизонта (4,8–3,8 %) и особенно для солонцеватых черноземов (8,3 %), с глубиной уменьшается, но слоистость по гранулометрическому составу обуславливает колебания МГ.

Аналогично меняется и влажность устойчивого завядания (ВЗ). В верхних горизонтах она составляет 6,2–4,9 % от массы почвы, в нижних – в зависимости от гранулометрического состава прослоек от 7,1 до 3,1 %. Эта влажность определяет нижний предел доступности влаги для растений. Запасы влаги при ВЗ в слоях 0–50 см, 0–100, 0–200 см легкосуглинистого южного чернозема составляют соответственно 45 мм и 91 мм.

Верхней границей оптимального для растения увлажнения автоморфных почв является влажность, соответствующая их наименьшей влагоемкости (НВ), которая характеризует водоудерживающую способность почвы. Исследования показали, что черноземы южные легкосуглинистые обладают малой водоудерживающей способностью. НВ устанавливается на третий день после обильного увлажнения и составляет на пашне в слое 0–50 см 15,5 % (114,7 мм), а в 0–100 см слое 14,2 % (218,7 мм). Пониженная водоудерживающая способность этих почв, обусловленная генетическими свойствами, существенно определяет важные агрометеорологические особенности современного водного баланса этих почв. Характерно, например, что в естественных условиях влажность черноземов южных легкосуглинистых даже весной не достигает значения НВ, что связано с потерями влаги на испарения, сдуванием снега в зимний период в пониженные элементы рельефа, нерегулярностью выпадения

атмосферных осадков и в целом их небольшим количеством. Это указывает на необходимость оптимизации водного режима легкосуглинистых южных черноземов путем регулярного орошения. В то же время их слабая водоудерживающая способность определяет необходимость строгого соблюдения объемов и норм гидромелиоративного воздействия и не дает оснований, в частности, для проведения на них поливов большими поливными нормами и на больших площадях. Несоблюдение на практике этих принципов на массивах южных черноземов с легким гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород приводило к большим потерям поливной воды, процессам вторичного засоления и деградации водно-физических свойств [7; 9].

Вместе с тем положительно то, что при малой водоудерживающей способности диапазон активной влаги (ДАВ) в черноземах южных легкосуглинистых достаточно широкий. В гумусовом горизонте ДАВ достигает 10–12 %, в нижележащих уменьшается до 4,4–7,0 % от массы почвы. Это обуславливает легкую доступность растениям влаги в широком диапазоне увлажнения и допустимость снижения предполивного порога влажности в этих почвах до более низкого предела относительно НВ, чем в тяжелых по гранулометрическому составу почвах.

В составе пор пахотного слоя 22,8–40,7 % объема пористости приходится на крупные поры с диаметром более 60 мк, 23,1–27,8 – на средние поры (3–60 мк) и 31,5–54,1 % – на мелкие поры (таблица 6). Причем 40,9 % мелких пор приходится на долю капиллярно мало активных очень тонких пор (менее 0,2 мк).

Таблица 6
Состав пор в черноземе южном

Горизонт	Глубина, см	Содержание пор диаметром (мк), % к порозности почвы								
		> 600	60–600	30–60	10–30	3–10	< 3	> 60	3–60	< 0,2
Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский район										
Ап	0–20	17,6	5,2	8,8	10,3	4,0	54,1	22,8	23,1	40,9
АВ	21–57	20,5	2,4	2,0	23,2	7,4	44,2	22,9	32,6	30,6
В _{1к}	57–73	12,5	8,4	8,3	17,9	11,5	41,7	20,6	37,7	33,0
В _{2к}	90–100	14,3	2,6	0,3	13,2	23,8	45,8	16,9	37,3	31,3
С	100–190	13,0	5,4	10,2	16,2	10,9	44,3	18,4	37,3	23,5
Чернозем южный солонцеватый легкосуглинистый. Пашня. Баганский район										
А	0–20	39,2	1,5	2,5	22,0	3,3	31,6	40,7	27,8	не определено
АВ	20–41	18,5	3,5	9,5	14,6	4,1	49,6	22,0	28,4	не определено
В	41–63	23,7	12,5	27,4	7,9	1,5	27,0	36,2	36,4	не определено
С ₁	63–106	19,6	1,9	9,4	26,2	5,9	35,0	21,7	43,5	не определено
С ₂	108–125	24,0	13,7	22,6	11,4	0,5	27,8	37,7	34,5	не определено

Table 6

Composition of pores in southern chernozem

Horizon	Depth, cm	Content of pore diameter (mk), % to soil porosity								
		> 600	60–600	30–60	10–30	3–10	< 3	> 60	3–60	< 0.2
<i>The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district</i>										
<i>An</i>	<i>0–20</i>	<i>17.6</i>	<i>5.2</i>	<i>8.8</i>	<i>10.3</i>	<i>4.0</i>	<i>54.1</i>	<i>22.8</i>	<i>23.1</i>	<i>40.9</i>
<i>AB</i>	<i>21–57</i>	<i>20.5</i>	<i>2.4</i>	<i>2.0</i>	<i>23.2</i>	<i>7.4</i>	<i>44.2</i>	<i>22.9</i>	<i>32.6</i>	<i>30.6</i>
<i>B_к</i>	<i>57–73</i>	<i>12.5</i>	<i>8.4</i>	<i>8.3</i>	<i>17.9</i>	<i>11.5</i>	<i>41.7</i>	<i>20.6</i>	<i>37.7</i>	<i>33.0</i>
<i>B_к</i>	<i>90–100</i>	<i>14.3</i>	<i>2.6</i>	<i>0.3</i>	<i>13.2</i>	<i>23.8</i>	<i>45.8</i>	<i>16.9</i>	<i>37.3</i>	<i>31.3</i>
<i>C</i>	<i>100–190</i>	<i>13.0</i>	<i>5.4</i>	<i>10.2</i>	<i>16.2</i>	<i>10.9</i>	<i>44.3</i>	<i>18.4</i>	<i>37.3</i>	<i>23.5</i>
<i>Southern solonchic light loamy chernozem. Arable land. Baganskiy district</i>										
<i>A</i>	<i>0–20</i>	<i>39.2</i>	<i>1.5</i>	<i>2.5</i>	<i>22.0</i>	<i>3.3</i>	<i>31.6</i>	<i>40.7</i>	<i>27.8</i>	<i>undefined</i>
<i>AB</i>	<i>20–41</i>	<i>18.5</i>	<i>3.5</i>	<i>9.5</i>	<i>14.6</i>	<i>4.1</i>	<i>49.6</i>	<i>22.0</i>	<i>28.4</i>	<i>undefined</i>
<i>B</i>	<i>41–63</i>	<i>23.7</i>	<i>12.5</i>	<i>27.4</i>	<i>7.9</i>	<i>1.5</i>	<i>27.0</i>	<i>36.2</i>	<i>36.4</i>	<i>undefined</i>
<i>C₁</i>	<i>63–106</i>	<i>19.6</i>	<i>1.9</i>	<i>9.4</i>	<i>26.2</i>	<i>5.9</i>	<i>35.0</i>	<i>21.7</i>	<i>43.5</i>	<i>undefined</i>
<i>C₂</i>	<i>108–125</i>	<i>24.0</i>	<i>13.7</i>	<i>22.6</i>	<i>11.4</i>	<i>0.5</i>	<i>27.8</i>	<i>37.7</i>	<i>34.5</i>	<i>undefined</i>

Агротехнологии

Таблица 7

Водопроницаемость черноземов южных (мм/ч)

Разрез	Коэффициент фильтрации за часы			Разрез	Коэффициент фильтрации за часы		
	1-й	2-й	3-й		1-й	2-й	3-й
7	82,6	48,4	48,0	10	57,9	43,1	43,1
8	95,5	34,0	31,4	11	38,6	51,4	49,9

Table 7

Water permeability of southern chernozems (mm/h)

Incision	Filtration coefficient per hour			Incision	Filtration coefficient per hour		
	1 st	2 nd	3 rd		1 st	2 nd	3 rd
7	82.6	48.4	48.0	10	57.9	43.1	43.1
8	95.5	34.0	31.4	11	38.6	51.4	49.9

Различия в количестве крупных и мелких пор в пахотном слое связаны, видимо, с особенностями агротехники и прошедшего после обработки времени. В нижележащих горизонтах содержание крупных пор понижается, но незначительно, а средних возрастает почти в два раза. Что же касается солонцеватого горизонта, то здесь количество крупных пор уменьшается до 22 %, а тонких – возрастает до 49,6 % пористости.

Следует отметить, что значительный объем пористости легкосуглинистых южных черноземов составляют наиболее ценный для жизни растений поры размером 10–30 мк. Так, в пахотном слое солонцеватого чернозема они занимают 22 %, вниз по профилю их количество уменьшается до 7,9 %.

Накопление и сохранение влаги в почве, особенно в условиях орошения, зависят от ее водопроницаемости. Особенности гранулометрического состава, строения порового пространства и слабая водоудерживающая способность черноземов южных легкосуглинистых обусловили их повышенную водопроницаемость и фильтрацию, которая с поверхности в 1, 2, 3 часа составляет соответственно 38,6–95,5 мм; 34,0–51,4 и 31,1–49,9 мм (таблица 7).

Пониженной водопроницаемостью, особенно во второй и третий часы (34,0 мм и 31,4 мм), обладают солонцеватые черноземы, расположенные на склонах гриф. Поэтому на этих участках при орошении прежде всего возможно формирование поверхностного стока и появление ирригационной эрозии. Подстилающие черноземы породы имеют среднюю водопроницаемость, однако отмечаются резкие колебания в величинах, что связано с гранулометрическим составом подпочвенной толщи. Преобладание в гранулометрическом составе легкосуглинистых южных черноземов песчаных фракций (46–77 %), высокая доля в составе общей пористости крупных и средних пор (45,9–68,5 %), высокая воздухоемкость при НВ и высокая фильтрационная способность обеспечивают малую водоудерживающую способность в этих почвах, повышенную аэрацию и водоотдачу профилю. Инфильтрация воды при повышенных нормах полива способствует большим потерям поливной воды на поле из оросительной сети, нарушая тем самым водный баланс огромной территории, а при близком залегании плотных засоленных пород вызывает засоление и заболачивание почв пониженных участков. Поэтому особенности

водных и физических свойств как черноземов южных, так и сопутствующих им почв должны учитываться при разработке режимов орошения конкретных сельскохозяйственных культур.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Северо-Кулундинская озерно-аллювиальная равнина расположена в пределах типичной колючей степи с резко континентальным засушливым климатом и представляет собой не дренированную, бессточную территорию с гривно-лощинным рельефом, осложненным озерными котловинами. Поэтому преобладающий фон почвенного покрова здесь составляют почвы полугидроморфного, гидроморфного и засоленного рядов развития, сформированные на породах разного гранулометрического состава с близким залеганием минерализованных грунтовых вод и в большинстве своем характеризуются плохими мелиоративными свойствами. Наиболее пригодные для орошения автоморфные зональные почвы – черноземы южные – в Северной Кулунде развиты только на гривах, плоских увалистых понижениях, сложенных породами легкого гранулометрического состава.

Черноземы южные легкосуглинистые характеризуются преобладанием в их гранулометрическом составе песчаных фракций (46–77 %), высокой долей в составе общей пористости крупных и средних

пор (46–49 %), что создает условия для повышенной аэрации и водоотдачи почвенно-грунтовой толщи и обуславливает их малую водоудерживающую способность (218,7 мм в слое 0–100 см).

Вследствие засушливости климата территории и отмеченных свойств легкосуглинистых черноземов их водный режим неустойчивый и неудовлетворительный для сельскохозяйственных культур, поэтому остро нуждается в оптимизации путем регулярного орошения на основе глубокого изучения особенностей поведения влаги в профиле почвы и пределов ее доступности растениям.

Сложные почвенно-мелиоративные условия Северной Кулунды, в частности слабая насыщенность массивами черноземов, значительная разобщенность их понижениями с засоленными почвами и грунтовыми водами определяют возможность развития в этом районе только выборочного и локального орошения. Представленные в работе данные имеют прикладное значение в связи с возможной оптимизацией регулярного орошения при строгом соблюдении научно обоснованных норм и сроков поливов, что минимизирует возможную при орошении деградацию свойств и агро-мелиоративного состояния орошаемых почв, а также будет способствовать улучшению экологической обстановки территории.

Библиографический список

1. Бондаренко Л. В., Маслова О. В., Белкина А. В., Сухарева К. В. Глобальное изменение климата и его последствия [Электронный ресурс] // Вестник РЭА им. Г. В. Плеханова. 2018. № 2 (98). С. 84–93. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnoe-izmenenie-klimata-i-ego-posledstviya> (дата обращения: 29.12.2022).
2. Kalinin E. P. On the role of atmospheric methane in the Earth's global climate // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2018. № 2 (34). С. 96–99. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/on-the-role-of-atmospheric-methane-in-the-earth-s-global-climate> (дата обращения: 29.12.2022).
3. Угрюмова А. А., Замаховский М. П., Капустина Т. А. Технологическая безопасность сельского хозяйства в регионах с мелиоративным земледелием // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14, № 2. С. 221–235. DOI: 10.24891/ni.14.2.221.
4. Назаренко П. Н., Пургин Д. В. Влияние длительного применения различных видов основной обработки почвы на плодородие каштановой почвы Западно-Кулундинской степи Алтайского края // Вестник АГАУ. 2017. № 12 (158). С. 21–26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dlitelnogo-primeneniya-razlichnyh-vidov-osnovnoy-obrabotki-pochvy-na-plodorodie-kashtanovoy-pochvy-zapadno-kulundinskoy-stepi> (дата обращения: 29.12.2022).
5. Meinel T. Die geoökologischen Folgewirkungen der Steppenumbrüche in den 50er Jahren in Westsibirien. Ein Beitrag für zukünftige Nutzungskonzepte unter besonderer Berücksichtigung der Winderosion: Dissertation. Martin Luther University of Halle-Wittenberg. 2002. P. 129. URL: <https://docplayer.org/53831486-Die-geoekologischen-folgewirkungen-der-steppenumbrueche-in-den-50er-jahren-in-westsibirien-dissertation.html> (date of reference: 29.12.2022).
6. Кулунда: сельское хозяйство и низкоэмиссионные технологии устойчивого землепользования: коллективная монография / Под науч. ред. В. И. Беляева, М. М. Силантьевой, А. М. Никулина, А. А. Бондаровича. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2021. 619 с. URL: http://www.kulunda.eu/sites/default/files/kulunda%20broschuere_juli2012_0_0.pdf (дата обращения: 29.12.2022).
7. Ещенко Е. Г., Ещенко С. И., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М. Влияние орошения на физические и водно-физические свойства агропочв // Вестник АГАУ. 2018. № 7 (165). С. 50–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-orosheniya-na-fizicheskie-i-vodno-fizicheskie-svoystva-agropochv> (дата обращения: 29.12.2022).

8. Goncharov V. M., Lipatov D. N., Tymbaev V. G., Butylkina M. A., Faustova E. V., Mazirov M. A. Principles and methods of complex agrophysical researches // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing ([Bristol, UK], England). 2019. Vol. 368. Article number 012014. URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315> (date of reference: 29.12.2022).
9. Боронина Н. Ю., Мягкий П. А., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М. Соленакopление в орошаемых землях Алтайской Кулунды (на примере Новотроицкого массива орошения) // Вестник АГАУ. 2018. № 7 (165). С. 41–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solenakoplenie-v-oroshaemyh-zemlyah-altayskoy-kulundy-na-primere-novotroitskogo-massiva-orosheniya> (дата обращения: 29.12.2022).
10. Бивалькевич В. И. Почвенно-мелиоративное обоснование эффективного использования орошаемых земель в Западной Кулунде: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 1996. 16 с.
11. Волкова Е. В. Почвенно-мелиоративное обоснование эффективного использования подземных вод при локальном орошении земель в Западной Кулунде: дис. ... канд. с.-н. наук. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2001. 139 с.
12. Жураев Ш. Ш., Патхидинова У. С. Капельное орошение: понятие и особенности [Электронный ресурс] // Вестник науки и творчества. 2020. № 1 (49). С. 16–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kapelnoe-oroshenie-ponyatie-i-osobennosti> (дата обращения: 29.12.2022).
13. Боровой Е. П., Ходяков Е. А., Кременской В. И., Джапарова А. М. Этапы развития капельного орошения в Крыму [Электронный ресурс] // Известия НВ АУК. 2020. № 2 (58). С. 30–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-razvitiya-kapelного-orosheniya-v-krymu> (дата обращения: 29.12.2022).
14. Состояние водных ресурсов Европы (часть четвертая) [Электронный ресурс]. URL: <https://watermagazine.ru/novosti/za-rubezhom/24340-sostoyanie-vodnykh-resurov-evropy-chast-pervaya.html> (дата обращения: 29.12.2022).
15. Духовный В. А., Мухамеджанов Ш. Ш., Саидов Р. Р. Орошение и дренаж в странах Центральной Азии, Кавказа и Восточной Европы. Ташкент: Научно-информационный центр, 2017. 56 с.
16. Senkova L. A., Grinets L. V. Ecological features of transitional soils landscape zones of Western Siberia // Аграрный вестник Урала. 2022. № 3. С. 24–34.
17. Зверева Г. К. Структура надземной фитомассы солонцеватых степей Северной Кулунды при снижении хозяйственного использования // Степи Северной Евразии: материалы IX международного симпозиума. Оренбург, 2021. С. 313–319.
18. Макарычев С. В. Орошение черноземов колючей степи Алтайского края дождеванием и его последствия [Электронный ресурс] // Вестник АГАУ. 2019. № 3 (173). С. 65–70. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oroshenie-chnozemov-kolochnoy-stepi-altayskogo-kрая-dozhdevaniem-i-ego-posledstviya> (дата обращения: 30.12.2022).
19. Боронина Н. Ю., Мягкий П. А., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М. Влияние орошения на гранулометрию агропочв // Вестник АГАУ. 2018. № 8 (166). С. 52–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-orosheniya-na-granulometriyu-agropochv> (дата обращения: 29.12.2022).
20. Принципы организации и методы стационарного изучения почв / Отв. ред. А. А. Роде. Москва: Наука, 1976. 305 с.
21. Senkova L., Grinets L., Vyatkina G., Tarbeeva D. The soil bank models for information support for the training of agrarian specialists // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Digital agriculture – development strategy”. Series: Advances in Intelligent Systems Research (ISPC 2019). Pp. 168–173. DOI: 10.2991/ispc-19.2019.38 (date of reference: 29.12.2022).
22. Клименко О. Е., Евтушенко А. П., Клименко Н. И. Изменение солевого состава почв при орошении солоноватыми водами в степном Крыму // Почвоведение. 2022. № 12. С. 1557–1570. DOI: 10.31857/S0032180X22100471. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=pochved&y=2022&v=0&n=12&a=Pochved22100471KLIMENKO> (дата обращения: 29.12.2022).
23. Мартынов А. В. Емкость катионного обмена в пойменных почвах р. Амур: влияние органического вещества на содержание обменных катионов [Электронный ресурс] // Почвы и окружающая среда. 2019. Т. 2. № 2. URL: <https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/65/96> (дата обращения: 29.12.2022). DOI: 10.31251/pos.v2i2.65.
24. Бурдуковский М. Л., Тимофеева Я. О., Голов В. И., Киселева И. В., Тимошинов Р. В. Динамика реакции почвенной среды, структурно-агрегатного состояния и запасов углерода агротемногумусовых подбелов в ходе постагрогенного развития [Электронный ресурс] // Почвоведение. 2022. № 12. С. 1505–1513. URL: <https://www.biosoil.ru/files/publications/00020895.pdf> (дата обращения: 29.12.2022). DOI: 10.31857/S0032180X22600664.

Об авторах:

Лидия Андреевна Сенькова¹, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры лесоводства, ORCID 0000-0002-2597-662X, AuthorID 433356; +7 902 500-80-74, senkova_la@mail.ru

Лариса Владимировна Гринец^{2,3}, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции², старший научный сотрудник³, ORCID 0000-0003-3723-7784, AuthorID 148353; +7 964 241-96-33, grinez.larisa@mail.ru

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³ Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

Agroreclamation characteristics of southern chernozems in connection with irrigation

L. A. Senkova¹, L. V. Grinets^{2,3}✉

¹ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

³ Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: grinez.larisa@mail.ru

Abstract. Sustainable highly productive agriculture in the arid steppe zone of Western Siberia is possible only on the basis of optimizing the water regime of soils. The relevance of irrigation is increasing due to the degradation of the soil cover, the geopolitical and resource potential of the territories and the fundamental change in the development strategy of Russia. Light soils prevailing in the Central and Northern Kulund, widely used for crop production, are characterized by a weak water-retaining capacity and require additional in-depth study of the features of reclamation properties. **The purpose** of the research is to solve scientifically and practically relevant problems of agrohydrophysics of southern light loamy chernozems in connection with the development of soil-saving irrigation technology based on knowledge about the processes of movement, moisture retention in the profile and the limits of its availability to plants. **Methods.** Field and laboratory methods of soil research were used: morphological study, determination of physical and water properties of the soil according to generally accepted methods. **Results.** Ameliorative properties of the southern light loamy chernozems of the Northern Kulunda have peculiarities in the granulometric composition, where sandy fractions of 1–0.25 and 0.25–0.05 mm in size predominate and make up to 46–77 % of all particles, providing a weak water-retaining capacity, soluble salts. Good drainage of the soil profile is provided by the underlying layers of sandy loam, loam, sand, up to 3–8 m thick. The reduced porosity of soil-forming and underlying rocks (up to 35.4–40.1 %), along with a high density of composition, ensures non-sagging irrigation of these soils. Weak structure along with favorable microaggregation create favorable water-physical properties. A significant part of the pores (11.9–37.3 %) along the profile in the state of the lowest moisture capacity (HB) is free from water. Water permeability and filtration are increased (from the surface at 1, 2, 3 hours, respectively, 38.6–95.5 mm; 34.0–51.4 and 31.1–49.9 mm). Moisture reserves at wilting moisture (WM) in layers 0–50 cm, 0–100, 0–200 cm are 45 mm and 90.82 mm, respectively. HB on arable land in the 0–50 cm layer is 114.7 mm (15.5 %), in the 0–100 cm layer it reaches 218.7 mm (14.2 %). Under natural conditions, the moisture content of these soils does not reach the HB value even in spring. The range of active moisture (AWM) is narrow, which must be taken into account, together with the characteristics of its movement, when calculating irrigation regimes for a particular soil. **The scientific novelty.** A complete description of the physical and hydrological properties that are in dire need of optimization of the water regime of southern light loamy chernozems is presented, which is necessary for further in-depth study of the behavior of moisture in their profile, the limits of its availability to plants and the development of modern soil protection technology for selective and local irrigation.

Keywords: soil, southern chernozem, irrigation, soil protection technology, hydrological properties of soils, water permeability, water-holding capacity of soil, soil-hydrological constants.

For citation: Senkova L. A., Grinets L. V. Agromeliorativnaya kharakteristika chernozemov yuzhnykh v svyazi s orosheniem [Agroreclamation characteristics of southern chernozems in connection with irrigation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. № 02 (231). Pp. 14–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-14-29. (In Russian.)

Date of paper submission: 30.12.2022, **date of review:** 18.01.2023, **date of acceptance:** 27.01.2023.

References

1. Bondarenko L. V., Maslova O. V., Belkina A. V., Sukhareva K. V. Global'noe izmenenie klimata i ego posledstviya [Global climate change and its consequences] [e-resource] // Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics. 2018. No. 2 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnoe-izmenenie-klimata-i-ego-posledstviya> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
2. Kalinin E. P. On the role of atmospheric methane in the Earth's global climate // Izvestiya Komi NTs UrO RAN. 2018. No. 2 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/on-the-role-of-atmospheric-methane-in-the-earth-s-global-climate> (date of reference: 29.12.2022).
3. Ugryumova A. A., Zamakhovskiy M. P., Kapustina T. A. Tekhnologicheskaya bezopasnost' sel'skogo khozyaystva v regionakh s meliorativnym zemledeliem [Technological security of agriculture in regions with reclamation agriculture] // Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'. 2018. Vol. 14. No. 2. Pp. 221–235. DOI: 10.24891/ni.14.2.221. (In Russian.)
4. Nazarenko P. N., Purgin D.V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya razlichnykh vidov osnovnoy obrabotki pochvy na plodorodie kashtanovoy pochvy Zapadno-Kulundinskoy stepi Altayskogo kraya [Effect of long-term application of different types of main tillage on the fertility of chestnut soils of the West Kulunda Steppe in Altai Krai] [e-resource] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017. No. 12 (158). Pp. 21–26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dlitelnogo-primeneniya-razlichnykh-vidov-osnovnoy-obrabotki-pochvy-na-plodorodie-kashtanovoy-pochvy-zapadno-kulundinskoy-stepi> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
5. Meinel T. Die geoökologischen Folgewirkungen der Steppenumbrüche in den 50er Jahren in Westsibirien. Ein Beitrag für zukünftige Nutzungskonzepte unter besonderer Berücksichtigung der Winderosion: Dissertation. Martin Luther University of Halle-Wittenberg. 2002. P. 129. URL: <https://docplayer.org/53831486-Die-geoekologischen-folgewirkungen-der-steppenumbrueche-in-den-50er-jahren-in-westsibirien-dissertation.html> (date of reference: 29.12.2022).
6. Kulunda: sel'skoe khozyaystvo i nizkoemissionnye tekhnologii ustoychivogo zemlepol'zovaniya: kolektivnaya monografiya [Kulunda: agriculture and low-emission technologies of sustainable land use: a collective monograph] / Under the scientific editorship of V. I. Belyaev, M. M. Silant'eva, A. M. Nikulin, A. A. Bondarovich. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2021. 619 p. http://www.kulunda.eu/sites/default/files/kulunda%20broschuere_juli2012_0_0.pdf (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
7. Eshchenko E. G., Eshchenko S. I., Tatapintsev V. L., Tatarintsev L. M. Vliyanie orosheniya na fizicheskie i vodno-fizicheskie svoystva agropochv [Influence of irrigation on physical and water-physical properties of agricultural soils] [e-resource] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018. No. 7 (165). Pp. 50–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-orosheniya-na-fizicheskie-i-vodno-fizicheskie-svoystva-agropochv> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
8. Goncharov V. M., Lipatov D. N., Tymbaev V. G., Butylkina M. A., Faustova E. V., Mazirov M. A. Principles and methods of complex agrophysical researches // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing ([Bristol, UK], England). 2019. Vol. 368. Article number 012014. URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315> (date of reference: 29.12.2022).
9. Boronina N. Yu., Myagkiy P. A., Tatapintsev V. L., Tatapintsev L. M. Solenakoplenie v oroshaemykh zemlyakh Altayskoy Kulundy (na primere Novotroitskogo massiva orosheniya) [Salt accumulation in the irrigated lands of Altai Kulunda (by the example of Novotroitskiy irrigation array)] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018. No. 7 (165). Pp. 41–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solenakoplenie-v-oroshaemykh-zemlyakh-altayskoy-kulundy-na-primere-novotroitskogo-massiva-orosheniya> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
10. Bival'kevich V. I. Pochvenno-meliorativnoe obosnovanie effektivnogo ispol'zovaniya oroshaemykh zemel' v Zapadnoy Kulunde: avtoref. dis. ... kand' s.-kh. nauk [Soil reclamation justification of effective use of irrigated land in Western Kulunda: abstract of the dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Barnaul: Altai State Agricultural University, 1996. 16 p. (In Russian.)
11. Volkova E. V. Pochvenno-meliorativnoe obosnovanie effektivnogo ispol'zovaniya podzemnykh vod pri lokal'nom oroshenii zemel' v Zapadnoy Kulunde: dis. ... kand. s.-kh. nauk [Soil reclamation justification of effective groundwater use in local land irrigation in Western Kulunda: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Barnaul: Altai State Agricultural University, 2001. 139 p. (In Russian.)
12. Zhuraev Sh. Sh., Patkhidinova U. S. Kapel'noe oroshenie: ponyatie i osobennosti [Drip irrigation: the concept and features] [e-resource] // Vestnik Nauki i Tvorchestva. 2020. No. 1 (49). Pp. 16–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kapelnoe-oroshenie-ponyatie-i-osobennosti> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
13. Borovoy E. P., Khodyakov E. A., Kremenskoy V. I., Dzhaparova A. M. Etapy razvitiya kapel'nogo orosheniya v Krymu [Stages of drip irrigation development in the Crimea] [e-resource] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2020. No. 2 (58). Pp. 30–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-razvitiya-kapelnogo-orosheniya-v-krymu> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)

14. Sostoyanie vodnykh resursov Evropy (chast' chetvertaya) [State of Europe's water resources (part fourth)] [e-resource] URL: <https://watermagazine.ru/novosti/za-rubezhom/24340-sostoyanie-vodnykh-resursov-evropy-chast-pervaya.html> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
15. Dukhovnyy V. A., Mukhamedzhanov Sh. Sh., Saidov R. R. Oroshenie i drenazh v stranakh Tsentral'noy Azii, Kavkaza i Vostochnoy Evropy [Irrigation and drainage in Central Asia, the Caucasus and Eastern Europe]. Tashkent: Nauchno-informatsionnyy tsentr, 2017. 56 p. (In Russian.)
16. Senkova L. A., Grinets L. V. Ecological features of transitional soils landscape zones of Western Siberia // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 3. Pp. 24–34.
17. Zvereva G. K. Struktura nadzemnoy fitomassy solontsevatykh stepey Severnoy Kulundy pri snizhenii khozyaystvennogo ispol'zovaniya [Structure of aboveground phytomass of solonchek steppes of Northern Kulunda under reduction of economic use] // Stepi Severnoy Evrazii: materialy IX mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg, 2021. Pp. 313–319. (In Russian.)
18. Makarychev S. V. Oroshenie chernozemov kolochnoy stepi Altayskogo kraya dozhdevaniem i ego posledstviya [Sprinkling irrigation of chernozems of the Colony Steppe of Altai Krai and its consequences] [e-resource] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019. No. 3 (173). Pp. 65–70. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oroshenie-chernozemov-kolochnoy-stepi-altayskogo-kraya-dozhdevaniem-i-ego-posledstviya> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
19. Boronina N. Yu., Myagkiy P. A., Tatarintsev V. L., Tatarintsev L. M. Vliyanie orosheniya na granulometriyu agropochv [Influence of irrigation on granulometry of agricultural soils] [e-resource] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018. No. 8 (166). Pp. 52–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-orosheniya-na-granulometriyu-agropochv> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
20. Printsipy organizatsii i metody statsionarnogo izucheniya pochv [Principles of organization and methods of stationary soil research] / Responsible editor A. A. Rode. Moscow: Nauka, 1976. 305 p. (In Russian.)
21. Senkova L., Grinets L., Vyatkina G., Tarbeeva D. The soil bank models for information support for the training of agrarian specialists // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Digital agriculture – development strategy”. Series: Advances in Intelligent Systems Research (ISPC 2019). Pp. 168–173. DOI: 10.2991/ispc-19.2019.38 (date of reference: 29.12.2022).
22. Klimenko O. E., Evtushenko A. P., Klimenko N. I. Izmenenie solevogo sostava pochv pri oroshenii solonovatyimi vodami v stepnom Krymu [Changes in the salt composition of soils when irrigated with brackish water in the steppe Crimea] [e-resource] // Pochvovedenie. 2022. No. 12. Pp. 1557–1570. DOI: 10.31857/S0032180X22100471. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=pochved&y=2022&v=0&n=12&a=Pochved22100471KLIMENKO> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
23. Martynov A. V. Emkost' kationnogo obmena v poymennykh pochvakh r. Amur: vliyanie organicheskogo veshchestva na sodержание obmennykh kationov [Capacity of cation exchange in floodplain soils of the Amur River: the influence of organic matter on the content of exchangeable cations] [e-resource] // The Journal of Soils and Environment. 2019. Vol. 2. No. 2. URL: <https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/65/96>. DOI: 10.31251/pos.v2i2.65. (In Russian.)
24. Burdukovskiy M. L., Timofeeva Ya. O., Golov V. I., Kiseleva I. V., Timoshinov R. V. Dinamika reaktsii pochvennoy sredy, strukturno-agregatnogo sostoyaniya i zapasov ugleroda agrotomnogumusovykh podbelov v khode postagrogennogo razvitiya [Dynamics of soil environment response, structural-aggregate state and carbon stocks of agro-dark-humus subbels during post-agrogenic development] [e-resource] // Pochvovedenie. 2022. No. 12. Pp. 1505–1513. URL: <https://www.biosoil.ru/files/publications/00020895.pdf> (date of reference: 29.12.2022). DOI: 10.31857/S0032180X22600664. (In Russian.)

Authors' information:

Lidiya A. Senkova¹, doctor of biological sciences, professor, ORCID 0000-0002-2597-662X, AuthorID 433356; +7 902 500-80-74, senkova_la@mail.ru

Larisa V. Grinets^{2,3}, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of plant growing and breeding², senior researcher³, ORCID 0000-0003-3723-7784, AuthorID 148353; +7 964 241-96-33, grinez.larisa@mail.ru

¹ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

³ Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Реакция семян культур-фитомелиорантов при условии природного и техногенного засоления почв и грунтов

Л. Н. Скипин¹, Е. В. Гаевая^{1✉}, С. С. Тарасова¹

¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

✉ E-mail: gaevajaev@tyuiu.ru

Аннотация. Цель исследования – установить оптимальное и критическое значение разных химизмов и степени засоления и соответствующие им показатели осмотического давления, рН среды на энергию прорастания и всхожесть семян люцерны и донника. **Задачи исследования:** выявить параметры 50 и 99 % гибели семян изучаемых культур с учетом химизма и степени засоления, определить наиболее токсичные водорастворимые соли в солонцовых почвах и буровых шламах; выявить степень участия осмотического давления и рН среды по изучаемым вариантам, провести сравнительное изучение химизмов и степени их засоления на прорастание и всхожесть семян фитомелиорантов. **Методы.** В качестве объекта исследования использовались семена донника сорта Альшеевский и люцерны сорта Ярославна. Энергия и всхожесть семян определялись согласно ГОСТ 12038-84. **Научная новизна.** Впервые установлены параметры $СД_{50}$ и $СД_{99}$ для семян донника и люцерны применительно к разным химизмам засоления, представленным одной легкорастворимой солью, тождественной почвенному и техногенному засолению. Выявлены параметры осмотического давления и рН среды для $СД_{50}$ и $СД_{99}$ по каждому химизму засоления. **Результаты.** Установлено, что слабая концентрация $MgSO_4$ (до 0,3 %) не снижала энергию и всхожесть прорастания семян. Натриевые нейтральные соли (Na_2SO_4 , $NaCl$) приводили к потере всхожести семян ($СД_{99}$) при степени засоления 2,0–2,9 %, что соответствует высокому осмотическому давлению 8,9–13,9 атм. Более высокой способностью к предельному засолению обладали семена донника. При содовом засолении (Na_2CO_3 , $NaHCO_3$) 50-процентная гибель семян донника и люцерны соответствовала уровню засоления солонцов (0,09 %) и буровых шламов (0,25 %). Явление, соответствующее $СД_{99}$, отмечалось здесь соответственно при уровне засоления почв и буровых шламов на 0,42 и 0,95 %. Показатель $СД_{50}$ важно учитывать при рекультивации солонцов и буровых шламов для установления норм высева семян и подбора культур-фитомелиорантов.

Ключевые слова: химизм и степень засоления, рН среды, осмотическое давление, энергия прорастания, всхожесть, семена люцерны и донника.

Для цитирования: Скипин Л. Н., Гаевая Е. В., Тарасова С. С. Реакция семян культур-фитомелиорантов при условии природного и техногенного засоления почв и грунтов // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 30–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-30-40.

Дата поступления статьи: 16.12.2022, **дата рецензирования:** 16.01.2023, **дата принятия:** 26.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Проблема использования засоленных почв в настоящее время является одной из основных в системах землепользования. Засоленные почвы – это почвы, содержащие легкорастворимые соли в количествах, токсичных для растений. Источниками засоления в этих почвах являются горные породы, продукты вулканических извержений, ветровой перенос солей, атмосферные осадки, подземные воды, орошаемые почвы, растительность. Среди засоленных почв наиболее распространен солонец, который в поглощенном состоянии увеличивает количество обменного натрия в рецептивном слое (более 15 % емкости катионного обмена) [1, с. 406].

Солонцовые почвы обладают многими отрицательными гидрофизическими и химическими свойствами: высокая дисперсность, набухаемость, низкая водопроницаемость и фильтрующая способность, бесструктурность, медленное физическое созревание почвы, липкость при намокании, пониженная подвижность воды, пониженный воздухообмен, объемность почвы, твердость и устойчивость к сильному уплотнению, щелочная среда, засоление, кальций дефицит, избыток натрия. Достаточно сказать, что площадь этих почв вместе с почвами Уральской и Западно-Сибирской зоны превышает 10 млн га [1, с. 407].

Диагностика рекультивации солонцовых почв учитывает ряд важных характеристик, в частности, почвенные комплексы, занимающие 10–30 %, 30–50 % и более 50 % солонцовой зональной почвы. Плодородные почвы с содержанием солонцов менее 10 % в фонды рекультивации не включаются. В сложных почвах с содержанием солонца 10–30–50 % рекомендуется селективная химическая регенерация (при наличии солонца на небольших участках), 50 % и более – сплошная. Гидродинамический режим определяет многие улучшающие свойства солонцов. Характер этого режима определяется уровнем залегания грунтовых вод с учетом состава почвообразующих и подстилающих пород. Основными показателями солености являются глубина, химический состав и соленость соляного слоя. Солонцы с высоким максимальным содержанием солей и высоким содержанием соды наиболее сложны в освоении в плане рекультивации.

Степень солонцеватости почв зависит от обменного натрия и играет определяющую роль в расчете дозы химического мелиоранта. По содержанию обменного натрия солонцы подразделяются на остаточные (менее 10 % от емкости поглощения), малонатриевые (10–20 %), средненатриевые (20–40 %) и многонатриевые (более 40 %). Приемы мелиорации солонцов должны быть строго дифференцированы в связи с их качественным и количественным разнообразием. При мелиорации солонцовых почв (улучшение физических свойств, создание мощного плодородного слоя, замена обменного натрия кальцием, удаление избытка водорастворимых солей из корнеобитаемого слоя) для повышения продуктивности выращиваемых культур рекомендуется применять два основных метода: химический и самомелиорации. Химический метод мелиорации солонцов предусматривает внесение химических мелиорантов извне. Этот метод – единственное средство повышения плодородия солонцов с глубоким залеганием карбонатов и гипса (глубже 40–0 см). На степных солонцах гипсование целесообразно сочетать с поливом. При высоком залегании карбонатов и гипса используется метод самомелиорации за счет использования глубоких плантажных и ярусных обработок [1, с. 408].

Развитие нефтегазовых комплексов в условиях Западной Сибири и других регионов связано с острой проблемой рекультивации буровых шламов. Количество буровых амбаров в ХМАО-Югра достигает 3000, аналогичная ситуация и в ЯНАО. Буровой шлам обладает отрицательными физико-химическими свойствами, такими как набухание, гидрофильность, бесструктурность, высокая дисперсность, отсутствие аэрации, плохая фильтрация, высокая минерализация, щелочность и токсичность. Эти свойства обусловлены наличием легкорастворимых солей в материнской породе и добавлением в

буровой раствор каустической и кальцинированной соды на водной основе последующим внедрением натрия в поглощающий комплекс. Опыты показали, что данная проблема может быть решена за счет использования коагулянта фосфогипса – отхода химического производства в сочетании с омагниченной водой. Это приводит к увеличению фильтрующей способности в 3–5,8 раза и быстрому выщелачиванию водорастворимых солей. Данное явление позволит создать благоприятную основу для культур-фитомелиорантов при последующей рекультивации буровых шламов [2, с. 75].

Проблемы рекультивации солонцовых почв и техногенных засоленных территорий сопряжены с химизмом и степенью засоления. В лабораторных условиях с созданием разного уровня засоления легкорастворимыми солями $MgSO_4$, Na_2SO_4 , $NaCl$, $NaHCO_3$, Na_2CO_3 изучались энергия прорастания и всхожесть семян культур-фитомелиорантов донника и люцерны. Пробит-анализ позволяет установить показатели гибели семян донника и люцерны, соответствующие CD_{50} и CD_{99} , параметры pH среды и осмотического давления.

Методология и методы исследования (Methods)

Опыты проводились в лабораторных условиях. В качестве объекта исследования использовались семена донника сорта Альшеевский и люцерны сорта Ярославна. Энергия и всхожесть семян определялись согласно ГОСТ 12038-84. Семена проращивались в солевых растворах с заданной концентрацией отдельных солей ($MgSO_4$, Na_2SO_4 , $NaCl$, $NaHCO_3$, Na_2CO_3). Указанные химизмы в основном характерны для солонцов Западной Сибири. Степень засоления в опытах задавалась от уровня незасоленной почвы до солончака. Указанный химизм и степень засоления в условиях этого региона присущ и буровым шламам, проблема рекультивации которых стоит достаточно остро. Показатели CD_{50} и CD_{99} рассчитывались с использованием пробит-анализа.

Результаты (Results)

В условиях Западной Сибири и Урала солонцовые комплексы составляют около 10 млн га [3, с. 25]. Естественная продуктивность солонцов в донном регионе составляет 3–5 ц/га сена низкого кормового достоинства. Проблема повышения плодородия данных почв является одной из наиболее актуальных в стране. Ее решение применительно к указанному региону позволит увеличить производство кормов и их качество, уменьшить дефицит белка в рационе животных [4, с. 12; 5, с. 388; 6, с. 180; 7, с. 395].

В силу генетических особенностей солонцов в различных зонах и даже в пределах определяемого региона они способны различаться по мощности надсолонцового и солонцового горизонтов, содержанию обменного натрия, степени и химизму

засоления, реакции почвенного раствора, характеру комплексности и другим свойствам [8, с. 10; 9, с. 1374; 10, с. 395; 11, с. 388].

К засоленным относятся почвы, содержащие в своем составе легкорастворимые соли в токсичных для сельскохозяйственных растений количествах. Легкорастворимые соли оказывают прямое отрицательное воздействие на растения в результате осмотического давления почвенных растворов, токсического действия почвенных растворов и токсического действия отдельных ионов, а также косвенное влияние, связанное с появлением в засоленных почвах физико-химических, физических и других свойств. Из вредных легкорастворимых солей наиболее часто встречаются в почвах Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaCl , NaSO_4 , MgCl_2 , CaCl_2 , MgSO_4 . Считается, что наиболее токсичны сода и хлориды, менее токсичны сульфаты натрия и магния, не ядовиты CaCO_3 , CaSO_4 . Наиболее полная характеристика засоленным почвам дается при анализе полной водной вытяжки с определением всего состава легкорастворимых солей. В процессах почвообразования большую роль играет растительность. Злаковые и

бобовые растения способны рассолять засоленные почвы. На солончаках жизнедеятельность растений может приводить к смене галогенного процесса почвообразования на дерновый. Это достигается путем превышения процессов биологического выноса солей над процессами засоления. Переход от солянок и полыней на солончаках к бобовым и злаковым травам сопровождается перераспределением солей и зольных элементов, в частности, кальция. Накопление кальция в верхних горизонтах почвы неизбежно ведет к вытеснению натрия и рассолению солонцов. Такая биологическая трансформация в условиях Западной Сибири приводит к образованию лугово-черноземных почв различной степени солонцеватости и солончаковатости. Этот процесс в естественных условиях может длиться веками, а в искусственных сокращается до нескольких десятков лет. Поэтому для рассоления почвы рекомендовано также выращивание солевыносливых и натриефильных культурных растений, которые будут вытягивать соли из почвенного профиля, а человек – использовать эти растения для хозяйственных нужд [12, с. 20].

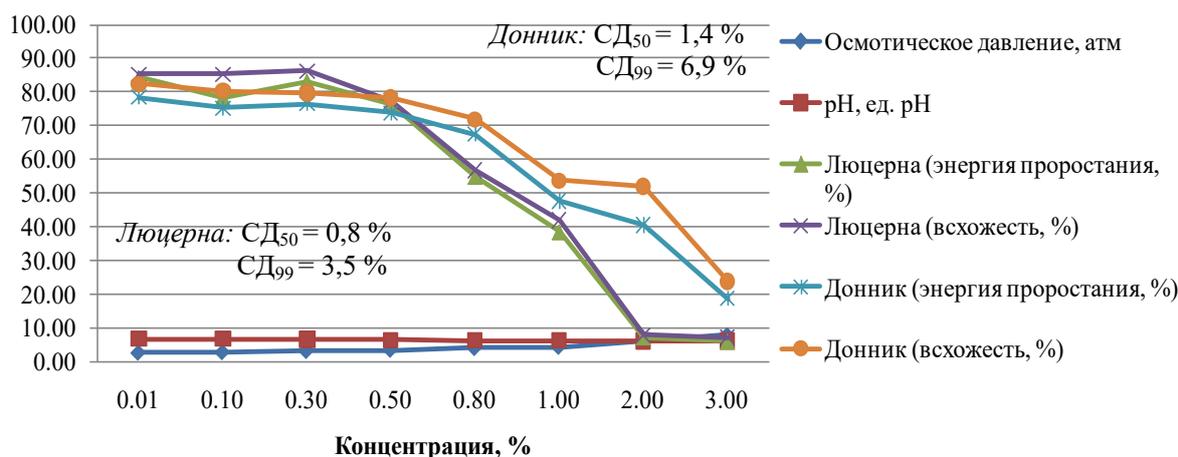


Рис. 1. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении MgSO_4

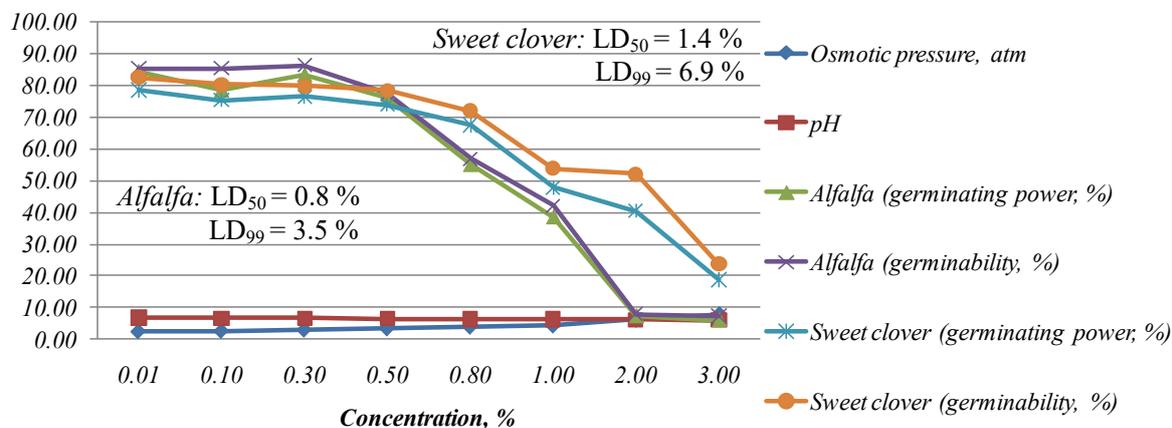


Fig. 1. Changes in germination energy and germination of seeds of alfalfa and sweet clover under salinization of MgSO_4

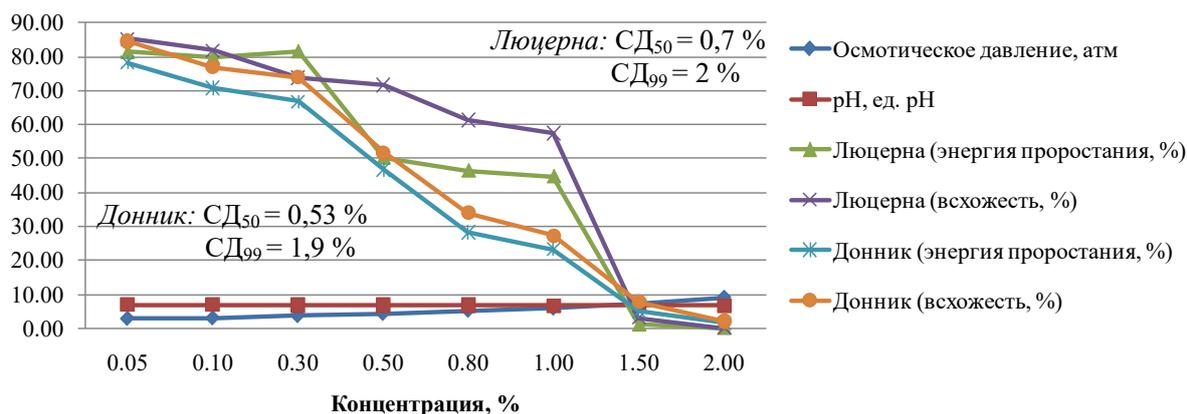


Рис. 2. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении Na_2SO_4

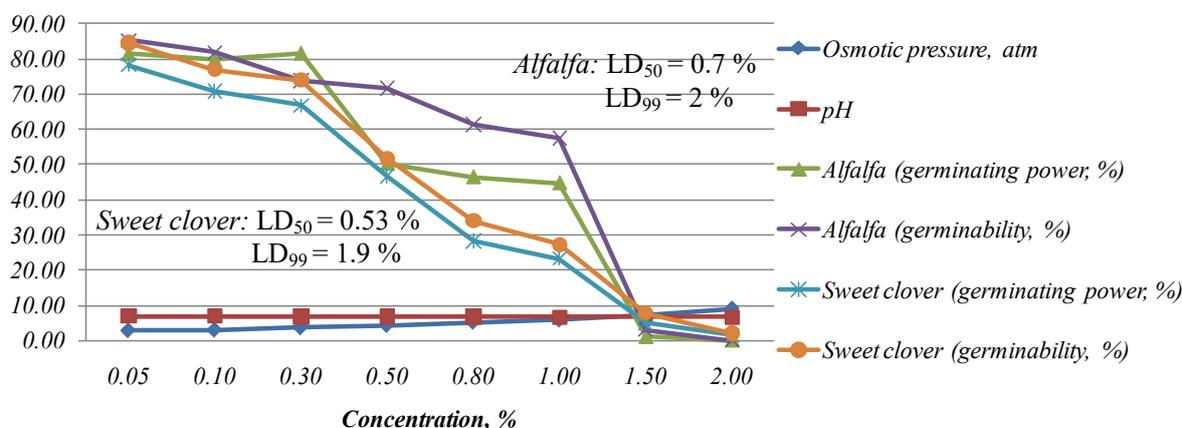


Fig. 2. Changes in the germination energy and germination of seeds of alfalfa and sweet clover under salinization of Na_2SO_4

В настоящее время основные комплексные приемы повышения плодородия солонцов можно считать разработанными, однако в состав адаптивного комплекса рекомендуется включать использование фитомелиорации засоленных почв с применением соле- и солонцустойчивых культур [13, с. 1453; 14, с. 1703; 15, с. 98].

Окультуривание солонцов, особенно в первые годы мелиоративного освоения, сопряжено с высоким уровнем засоления и дефицитом азота, поэтому большого внимания заслуживает использование бобовых культур-фитомелиорантов [16, с. 1703; 17, с. 2].

На мелиорируемых солонцах Западной Сибири бобовые растения испытывают азотное голодание. Это вызвано тем, что симбиотическая азотфиксация наиболее соле- и солонцустойчивых культур сильно ослаблена. В силу сложившихся генетических особенностей данных почв они бедны естественными популяциями клубеньковых бактерий, которые находятся в подавленном состоянии. На данном этапе исследовании нами поставлены задачи по изучению реакции растения-хозяина (донник и люцерна) на основные химизмы и степень засоления с учетом осмотического давления, pH среды, токсичности конкретных ионов. Действие указан-

ных факторов на жизнедеятельность клубеньковых бактерий будет представлено в следующей серии опытов, проводимых на засоленных средах на бобовом агаре.

В Тюменской области накоплены большие объемы буровых шламов. По своей природе они также засолены, концентрация солей в них может достигать 6%. Это обусловлено засоленными осадочными морскими отложениями и высоким содержанием каустической и кальцинированной соды, которая добавляется в буровые растворы. Буровые шламы в амбарах требуют обязательной рекультивации с использованием коагулянтов и культур-фитомелиорантов. Важно при этом учитывать химизм и степень их засоления в реальных условиях.

Результаты исследований влияния нейтральных солей (MgSO_4 , Na_2SO_4 , NaCl) на показатели всхожести и энергии прорастания семян бобовых культур фитомелиорантов представлены на рис. 1, 2 и 3.

Из всех отмеченных нейтральных солей проявление положительного влияния степени засоления на энергию и всхожесть отмечалось на фоне сульфата магния, это характерно было до концентрации 0,3%. Данному уровню степени засоления соответствовало осмотическое давление 3,14 атм и pH 6,55. Последующее увеличение концентрации данной

соли до 0,5 % приводит к медленному падению показателей энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника. Важно отметить, что результаты пробит-анализа показали половинную гибель семян люцерны (CD_{50}) при концентрации 0,8 %, а полная гибель (CD_{99}) происходила при степени засоления 3,5 %. Семена донника при уровне засоления $MgSO_4$ до 1 % по изучаемым показателям были близки к люцерне. Последующее увеличение степени засоления приводило к большей устойчивости семян донника при этом показатель CD_{50} составил 1,4 %, а CD_{99} – 6,9 %. Важно отметить, что половинная доля гибели семян люцерны происходила при осмотическом давлении 4,14 атм и рН 6,42, а полная гибель – при более 8 атм и рН менее 6,12. Параметры гибели семян донника по осмотическому давлению были выше.

Расчет коэффициента детерминации показал, что энергия прорастания и всхожесть семян люцерны и донника на 89–94 % зависит от концентрации $MgSO_4$ в растворе, полученные результаты соответствуют модели хорошего качества. Определяющую роль здесь играет величина осмотического давления ($r = -0,91$ и $-0,94$ по семенам люцерны и $r = -0,97$ и $-0,96$ по доннику). Реакция среды не приводила к обратной связи.

Сравнительный анализ реакции семян, изучаемых фитомелиорантов при сульфатном (Na_2SO_4) и хлоридном ($NaCl$) засолении показал, что полная гибель (CD_{99}) при данных химизмах наступала при концентрациях в 1,5–3,0 раза меньших, чем на фоне $MgSO_4$.

Принято считать в методических рекомендациях по мелиорации солонцов, что эквивалент токсичности Cl берется за 1, а эквивалент SO_4 составляет 5–6. В наших исследованиях принятый за основу эквивалент не подтвердился по отношению к изучаемым культурам. Напротив, по отношению к семенам люцерны это соотношение было близко 1:1, а по отношению к доннику 1:0,6, эквивалент токсичности сульфатов здесь был выше по отношению к хлоридам.

При этом токсичность сульфатного засоления при предельных концентрациях была выше, чем хлоридного. Следует отметить, что семена донника обладали значительно большей устойчивостью к токсичности хлоридного химизма засоления. Все нейтральные соли в вариантах опыта создавали реакцию среды в пределах 6,12–6,91, в данном случае она не могла быть определяющей в гибели семян культур-фитомелиорантов.

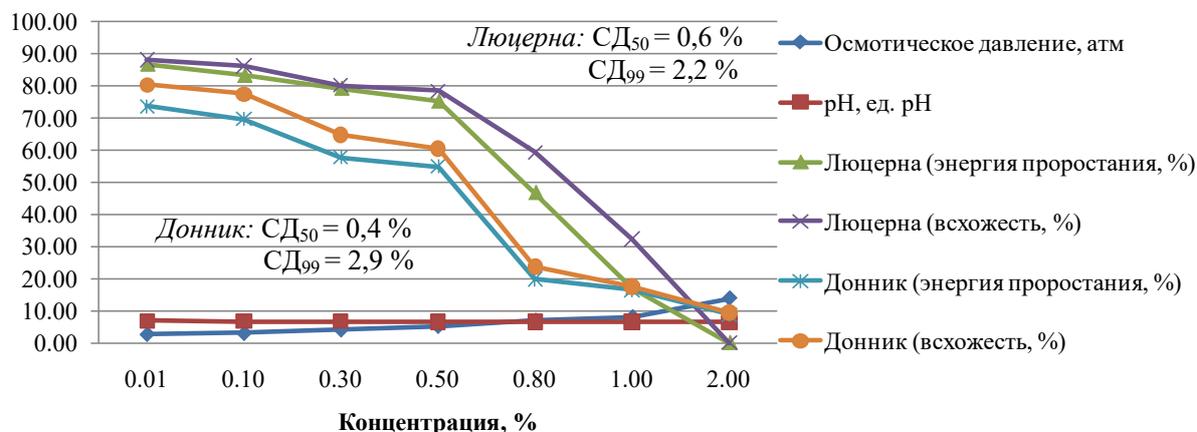


Рис. 3. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении NaCl

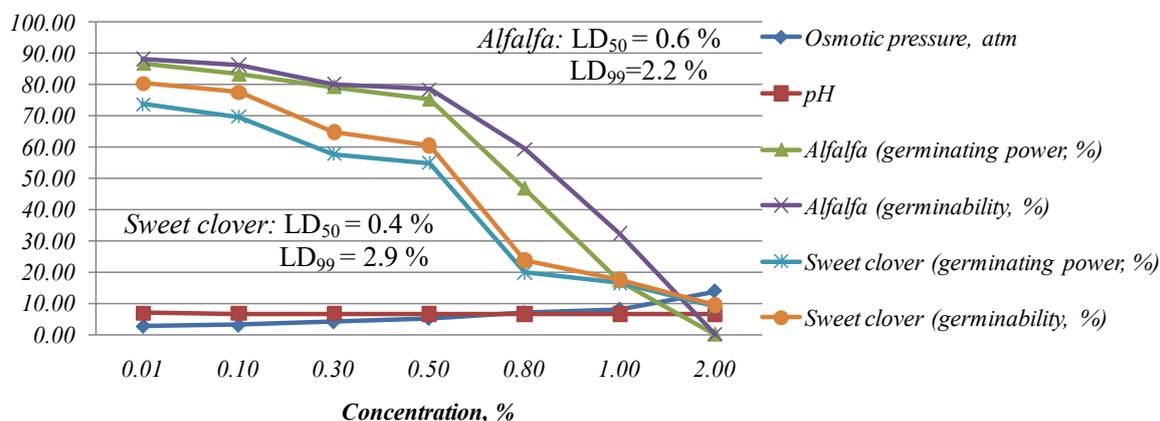


Fig. 3. Changes in the germination energy and germination of alfalfa and sweet clover seeds under NaCl salinity

Осмотическое давление на нейтральных типах засоления варьировало по вариантам от 2,62 до 13,9 атм, при этом полная гибель семян донника и люцерны наступала, как правило, при осмотическом давлении, близком к 8,9–13,9 атм. Это явление дополнительно усиливалось токсичностью диссоциированных анионов и катионов изучаемых солей. Большой устойчивостью к повышенному засолению обладали семена донника.

Коэффициент детерминации свидетельствует о том, что энергия прорастания и всхожесть семян донника и люцерны на 80–95 % определяются концентрацией NaCl и Na₂SO₄ в растворе. Полученные данные также соответствуют модели хорошего качества. Это явление здесь обусловлено в большей степени осмотическим давлением ($r = -0.94$ по люцерне и доннику). Реакция среды при этих химизмах засоления не приводила к отрицательной связи.

Из всех изученных легкорастворимых солей наибольшей токсичностью отмечалась сода нормальная и двууглекислая (рис. 4 и 5).

Так, показатель CD_{50} на фоне засоления NaHCO₃ в сравнении с засолением Na₂SO₄ и NaCl был в 2–3 раза более токсичным, аналогичная закономерность отмечалась и относительно CD_{99} .

Эквивалент токсичности HCO₃⁻ (2,5–3,0) по отношению к Cl⁻ принятому за 1, в наших исследованиях по изучаемым культурам он составил 0,3–0,4. Это характеризует гидрокарбонатный ион как очень токсичный (в десять раз выше, чем принятый в методических рекомендациях).

Важно отметить, что половинная гибель семян при содовом гидрокарбонатном засолении проявлялась при pH, близком к 9,1, и осмотическом давлении 3,5 атм, по отношению к нейтральному засолению это явление отмечалось при pH 6,4–6,6 и осмотическом давлении 4,3–4,5 атм.

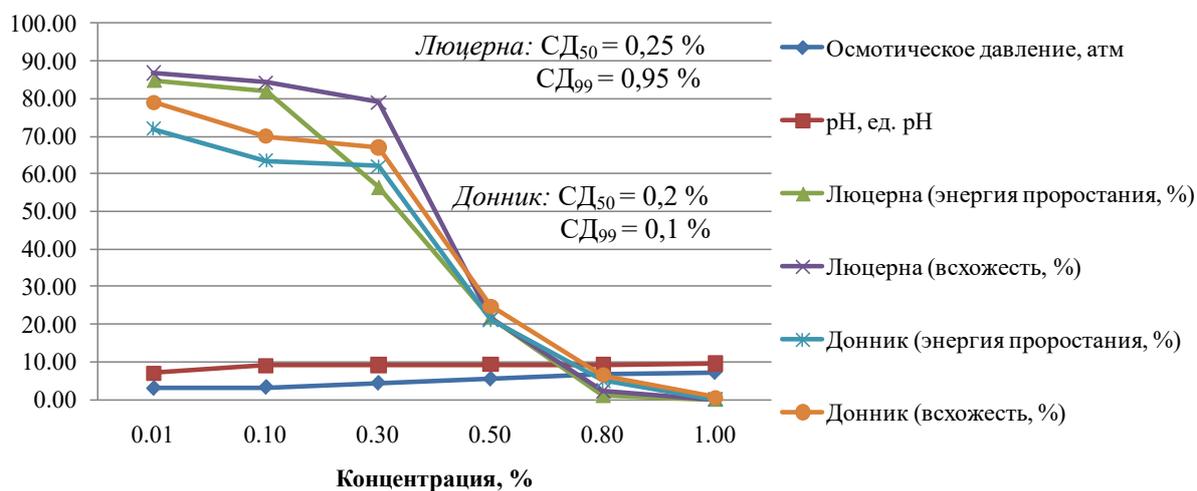


Рис. 4. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении NaHCO₃

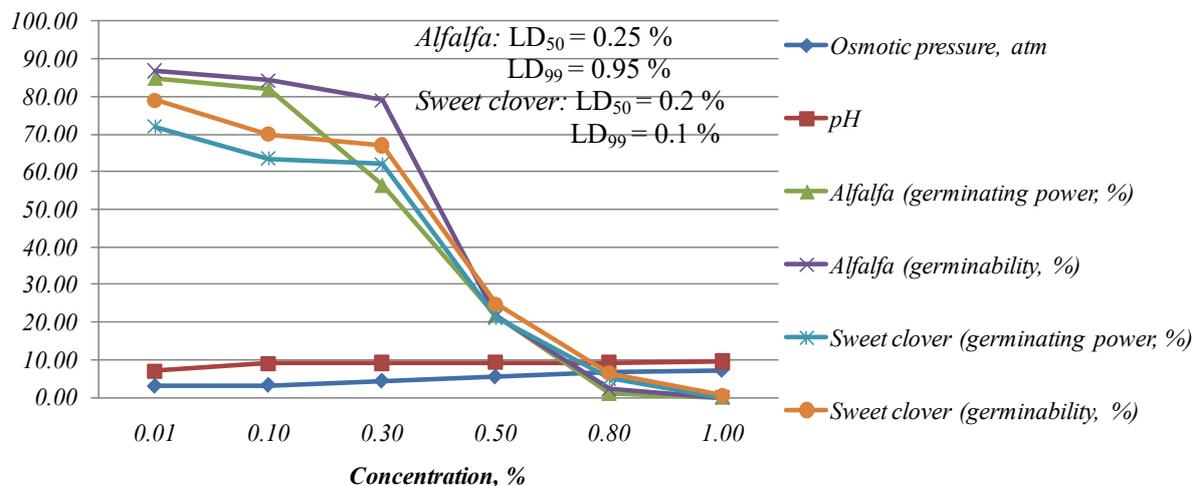


Fig. 4. Changes in the germination energy and germination of alfalfa and sweet clover seeds under NaHCO₃ salinity

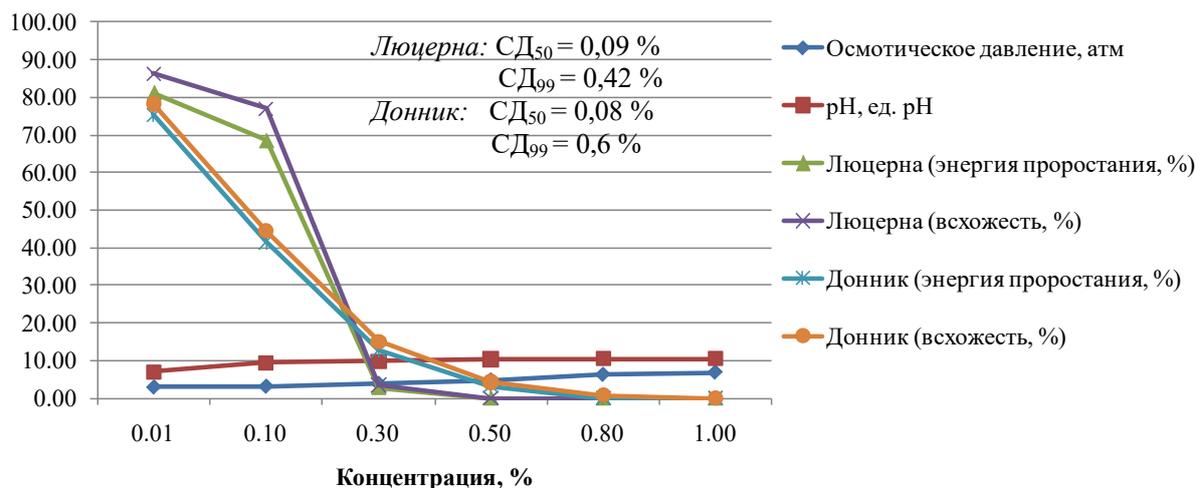


Рис. 5. Изменение энергии прорастания и всхожести семян люцерны и донника при засолении Na_2CO_3

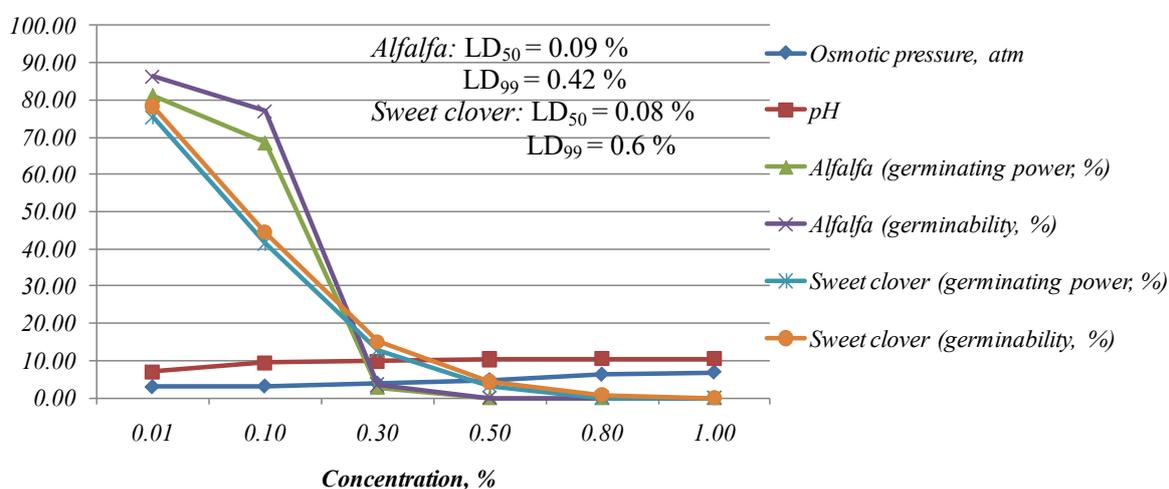


Fig. 5. Changes in the germination energy and germination of alfalfa and sweet clover seeds under Na_2CO_3 salinity

Полная гибель семян люцерны и донника (CD_{99}) происходила при степени засоления $NaHCO_3$ 0,95–1,0 %. Варианты опыта, заложенные с участием нормальной соды (Na_2CO_3), по показателю CD_{99} соответствовали уровню засоления 0,42 % для люцерны и 0,6 % для семян донника. Это указывает на то, что токсическое действие нормальной соды проявляется в 1,5–2,0 раза сильнее, чем гидрокарбонатной.

В наших исследованиях «сульфатный эффект» токсичности различных ионов выражен в эквивалентах хлора следующим образом: $1Cl = 0,2 CO_3 = (0,3–0,4) HCO_3 = (0,6–1,0) SO_4$. В рекомендуемой методической литературе по мелиорации солонцов этот эквивалент представлен следующим образом: $1Cl = 0,1 CO_3 = (2,5–3,0) HCO_3 = (5,0–6,0) SO_4$. Данный эквивалент токсичности ионов следует увязывать с исходными культурами-фитомелиорантами.

Коэффициент детерминации при содовом засолении показал, что энергия прорастания и всхожесть семян люцерны и донника на 64–71 % за-

висит от концентрации раствора. Определяющую роль в снижении данных показателей здесь играет pH среды ($r = -0.85$ и -0.97).

Важно учесть, что в солонцовых почвах северной лесостепи Западной Сибири в составе солей находится повышенное содержание соды (как нормальной, так и гидрокарбонатной), в южной лесостепи преобладают солонцы нейтрального типа засоления. Необходимо учесть, что солонцы с участием соды способны обеспечивать усиление дисперсности коллоидов, нарушение структуры, повышение гидрофильности и заплываемости при увлажнении, снижение водопроницаемости или полное отсутствие такового признака. Ранее заложенные опыты показали, что преобладание соды в почвенном растворе в аналогичной закономерности сказывалось на жизнедеятельности клубеньковых бактерий люцерны и донника.

Лабораторные опыты с использованием нейтральных солей и соды дают основание предполагать, что преобладающую роль в подавлении роста

и развития люцерны и донника будут играть соли нормальной или гидрокарбонатной соды.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, из всех представленных типов засоления только соль $MgSO_4$ при степени засоления до 0,3 % способна создать благоприятные условия для энергии и всхожести семян люцерны и донника. Все другие легкорастворимые соли натрия ($NaCl$, Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , $NaHCO_3$) способны подавлять энергию и прорастание семян донника и люцерны. По уровню токсичности на семена донника и люцерны изучаемые соли распределяются в порядке ослабления соответствующим образом: Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, Na_2SO_4 , $NaCl$, $MgSO_4$.

Показатель гибели семян донника и люцерны, соответствующий $СД_{99}$, вызван в большей степени токсичностью ионов и величиной осмотического давления при нейтральном типе засоления. При

содовом засолении этот показатель достигается повышенной щелочностью раствора при незначительном осмотическом давлении.

Принятый эквивалент токсичности 0,1 для CO_3 и 1 для Cl в наших исследованиях для культур донника и люцерны был близок к исходному. В данном случае эквивалент токсичности для CO_3 составил 0,2. Полученные результаты поставленных опытов свидетельствуют о необходимости расчета эквивалента токсичности анионов указанных солей для конкретных культур. Применительно к бобовым культурам этот показатель должен учитываться для клубеньковых бактерий. Это указывает на необходимость подбора наиболее соле- и солонцустойчивых штаммов ризобий.

Знание химизмов и степени засоления мелиорируемых объектов позволяет корректировать норму высева семян культур-фитомелиорантов.

Библиографический список

1. Скипин Л. Н., Федоткин В. А. Результативность действия химической мелиорации солонцов в условиях Западной Сибири // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: материалы научно-производственной конференции с международным участием. Тюмень, 2018. С. 406–414.
2. Скипин Л. Н., Скипин Д. Л., Петухова В. С., Бурлаенко В. З. Влияние коагулянтов и омагниченной воды для рассоления буровых шламов // Естественные и технические науки. 2022. № 6 (169). С. 72–77.
3. Гаева Е. В., Тарасова С. С., Скипин Л. Н., Зимнухова А. Е. Экологическое обоснование использования техногенных грунтов на основе буровых шламов для рекультивации нарушенных земель // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2022. № 2 (305). С. 23–30. DOI: 10.33285/2411-7013-2022-2(305)-23-30.
4. Добротворская Н. И., Семендяева Н. В. Инновационные подходы к использованию солонцовых агроландшафтов Барабинской равнины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 1. С. 10–19. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-2.
5. Семендяева Н. В. Мониторинг натрия в химически мелиорированных солонцовых агроландшафтах Барабы // Научные инновации – аграрному производству: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ. Омск, 2018. С. 387–390.
6. Семендяева Н. В. Особенности формирования профиля солонцов юга Западной Сибири // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник III Всероссийской (национальной) научной конференции. Новосибирск, 2018. С. 178–183.
7. Семендяева Н. В., Ломова Т. Г. Итоги исследований по изучению генезиса, свойств и мелиорации солонцов юга Западной Сибири // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: материалы научно-производственной конференции с международным участием. Тюмень, 2018. С. 394–405.
8. Добротворская Н. И., Семендяева Н. В., Морозова А. А. Элементный состав почв засоленных агроландшафтов причановской депрессии и их санитарно-гигиеническая оценка // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 5–15.
9. Семендяева Н. В., Добротворская Н. И., Елизаров Н. В. Вторичное засоление химически мелиорированных солонцов и его последствия // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1373–1382. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-1.
10. Попов В. В., Семендяева Н. В. Состав почвенных растворов засоленных агроландшафтов центральной лесостепи Ишимской равнины // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 2019. С. 56–58.
11. Semendyaeva N. V., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Secondary salinization of reclaimed solonchaks and its aftereffect // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 11. Pp. 1429–1438. DOI: 10.1134/S1064229319110097.
12. Елизаров Н. В., Ломова Т. Г., Устинов М. Т., Попов В. В. Действие агробиологической мелиорации на солевой профиль солонцов Восточной Барабы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 1 (50). С. 18–25. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-50-1-18-25.

13. Елизаров Н. В., Попов В. В., Семендяева Н. В. Современный гидроморфизм солонцов лесостепной зоны Западной Сибири // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1451–1459. DOI: 10.31857/S0032180X20120059.
14. Elizarov N. V., Popov V. V., Semendyaeva N. V. Modern hydromorphism of solonchaks in the forest-steppe zone of western Siberia // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 12. Pp. 1701–1708. DOI: 10.1134/S1064229320120054.
15. Морозова А. А., Семендяева Н. В. Элементный состав почв засоленных агроландшафтов Северо-Восточной части Барабинской равнины // Почвы – стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв. Москва – Сыктывкар, 2021. С. 98–99.
16. Korobova L. N., Riksen V. S., Lomova T. G. Biodiversity of shallow solonchaks bacteria, occupied longly with crop rotation with Bromus Inermis (Poaceae) // Journal of Agriculture and Environment. 2022. No. 2 (22). Pp. 1–5. DOI: 10.23649/jae.2022.2.22.12.
17. Макарычев С. В. Солончак засушливой степи, их свойства и возможность мелиорации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (175). С. 64–70.

Об авторах:

Леонид Николаевич Скипин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0001-5778-9872, AuthorID 436872; +7 912 992-45-55, skipinln@tyuiu.ru
 Елена Викторовна Гаевая¹, кандидат биологических наук, доцент, профессор кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0002-0631-9149, AuthorID 816670; +7 922 269-17-81, gaevajaev@tyuiu.ru
 Светлана Сергеевна Тарасова¹, кандидат биологических наук, ассистент кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0002-5684-2819, AuthorID 933439; +7 982 935-08-91, tarasovass@tyuiu.ru
¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

The reaction of seeds of phytomeliorant crops under the condition of natural and technogenic salinization of soils and soils

L. N. Skipin¹, E. V. Gaevaya¹✉, S. S. Tarasova¹
¹Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia
 ✉E-mail: gaevajaev@tyuiu.ru

Abstract. The purpose of the study is to establish the optimal and critical values of different chemisms and the degree of salinity and the corresponding indicators of osmotic pressure, pH of the medium for the germination energy and germination of seeds of alfalfa and sweet clover. **Objectives of the study** are to identify the parameters of 50 and 99 % death of seeds of the studied crops, taking into account the chemistry and degree of salinity, to determine the most toxic water-soluble salts in solonchak soils and drill cuttings; to identify the degree of participation of osmotic pressure and pH of the medium for the studied options, to conduct a comparative study of chemisms and the degree of their salinity on the germination and germination of seeds of phytomeliorants. **Methods.** The experiments were carried out in laboratory conditions. Seeds of sweet clover of the Alshevskiy variety and alfalfa of the Yaroslavna variety were used as the object of the study. The energy and germination of seeds were determined according to GOST 12038-84. **Scientific novelty.** For the first time, the parameters the average lethal dose and the dose is absolutely lethal for sweet clover and alfalfa seeds were established in relation to different salinity chemisms, represented by one easily soluble salt, identical to soil and technogenic salinization. The parameters of osmotic pressure and pH of the medium for the average lethal dose and the dose is absolutely lethal were determined for each salinity chemistry. **Results.** It was found that a low concentration of MgSO₄ (up to 0.3 %) did not reduce the energy and germination of seeds of sweet clover and alfalfa. Sodium neutral salts (Na₂SO₄, NaCl) led to the loss of seed germination of sweet clover and alfalfa (the dose is absolutely lethal) at a salinity degree of 2.0–2.9 %, which corresponds to a high osmotic pressure of 8.9–13.9 atm. Sweet clover seeds had a higher capacity for maximum salinity. Under soda salinity (Na₂CO₃, NaHCO₃), 50 % death of sweet clover and alfalfa seeds corresponded to salinity levels of solonchaks and drill cuttings of 0.09 and 0.25 %. The phenomenon corresponding to the dose is absolutely lethal was noted here, respectively, at the level of salinity of soils and drill cuttings of 0.42 and 0.95 %. It is important to take into account the average lethal dose indicator when recultivating solonchaks and drill cuttings in order to establish seeding rates and select phytomeliorant crops.

Keywords: chemistry and degree of salinity, medium pH, osmotic pressure, germination energy, germination, alfalfa and sweet clover seeds.

For citation: Skipin L. N., Gaevaya E. V., Tarasova S. S. Reaktsiya semyan kul'tur-fitomeliorantov pri uslovii prirodno i tekhnogennoho zasoleniya pochv i gruntov [The reaction of seeds of phytomeliorant crops under the condition of natural and technogenic salinization of soils and soils] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 30–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-30-40. (In Russian.)

Date of paper submission: 16.12.2022, **date of review:** 16.01.2023, **date of acceptance:** 26.01.2023.

References

1. Skipin L. N., Fedotkin V. A. Rezul'tativnost' deystviya khimicheskoy melioratsii solontsov v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [Efficiency of action of chemical melioration of solonetz in the conditions of Western Siberia] // Plodorodiye pochv i otsenka produktivnosti zemledeliya: materialy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Tyumen, 2018. Pp. 406–414. (In Russian.)
2. Skipin L. N., Skipin D. L., Petukhova V. S., Burlayenko V. Z. Vliyaniye koagulyantov i omagnichennoy vody dlya rassoleniya burovykh shlamov [Influence of coagulants and magnetized water for desalinization of drill cuttings] // Natural and technical sciences 2022. No. 6 (169). Pp. 72–77. (In Russian.)
3. Gaevaya E. V., Tarasova S. S., Skipin L. N., Zimmukhova A. E. Ekologicheskoye obosnovaniye ispol'zovaniya tekhnogennykh gruntov na osnove burovykh shlamov dlya rekul'tivatsii narushennykh zemel' [Ecological substantiation of the use of technogenic soils based on drill cuttings for the reclamation of disturbed lands] // Environmental protection in oil and gas complex. 2022. No. 2 (305). Pp. 23–30. DOI: 10.33285/2411-7013-2022-2(305)-23-30. (In Russian.)
4. Dobrotvorskaya N. I., Semendyyayeva N. V. Innovatsionnyye podkhody k ispol'zovaniyu solontsovykh agrolandshaftov Barabinskoy ravniny [Innovative approaches to the use of solonetz agrolandscapes of the Baraba Plain] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2018. Vol. 48. No. 1. Pp. 10–19. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-2. (In Russian.)
5. Semendyyayeva N. V. Monitoring natriya v khimicheski meliorirovannykh solontsovykh agrolandshaftakh Baraby [Monitoring of sodium in chemically reclaimed solonetz agrolandscapes of Baraba] // Nauchnyye innovatsii – agrarnomu proizvodstvu: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letnemu yubileyu Omskogo GAU. Omsk, 2018. Pp. 387–390. (In Russian.)
6. Semendyyayeva N. V. Osobennosti formirovaniya profilya solontsov yuga Zapadnoy Sibiri [Peculiarities of Solonetz Profile Formation in the South of Western Siberia] // Rol' agrarnoy nauki v ustoychivom razvitii sel'skikh territoriy: sbornik III Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchnoy konferentsii. Novosibirsk, 2018. Pp. 178–183. (In Russian.)
7. Semendyyayeva N. V., Lomova T. G. Itogi issledovaniy po izucheniyu genezisa, svoystv i melioratsii solontsov yuga Zapadnoy Sibiri [Results of studies on the study of the genesis, properties and reclamation of solonetz in the south of Western Siberia] // Plodorodiye pochv i otsenka produktivnosti zemledeliya: materialy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Tyumen, 2018. Pp. 394–405. (In Russian.)
8. Dobrotvorskaya N. I., Semendyyayeva N. V., Morozova A. A. Elementnyy sostav pochv zasolennykh agrolandshaftov prichanovskoy depressii i ikh sanitarno-gigiyenicheskaya otsenka [Elemental Composition of Soils in Salt Agrolandscapes of the Prichanovskaya Depression and Their Sanitary and Hygienic Assessment] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2019. Vol. 49. No. 2. Pp. 5–15. (In Russian.)
9. Semendyyayeva N. V., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Vtorichnoye zasoleniye khimicheski meliorirovannykh solontsov i ego posledstviya [Secondary salinization of chemically reclaimed solonetz and its consequences] // Eurasian Soil Science. 2019. No. 11. Pp. 1373–1382. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-1. (In Russian.)
10. Popov V. V., Semendyyayeva N. V. Sostav pochvennykh rastvorov zasolennykh agrolandshaftov tsentral'noy lesostepi Ishimskoy ravniny [Composition of soil solutions in saline agricultural landscapes of the central forest-steppe of the Ishim Plain] // Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa: sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley, aspirantov, magistrantov i studentov Novosibirskogo GAU. Novosibirsk, 2019. Pp. 56–58. (In Russian.)
11. Semendyyayeva N. V., Dobrotvorskaya N. I., Elizarov N. V. Secondary salinization of reclaimed solonetz and its aftereffect // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 11. Pp. 1429–1438. DOI: 10.1134/S1064229319110097.
12. Elizarov N. V., Lomova T. G., Ustinov M. T., Popov V. V. Deystviye agrobiologicheskoy melioratsii na solevoy profil' solontsov Vostochnoy Baraby [The effect of agrobiological melioration on the salt profile of solonetz in Eastern Baraba] // Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet). 2019. No. 1 (50). Pp. 18–25. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-50-1-18-25. (In Russian.)

13. Elizarov N. V., Popov V. V., Semendyaeva N. V. Sovremennyy gidromorfizm solontsov lesostepnoy zony Zapadnoy Sibiri [Modern hydromorphism of solonchets in the forest-steppe zone of Western Siberia] // Eurasian Soil Science. 2020. No. 12. Pp. 1451–1459. DOI: 10.31857/S0032180X20120059. (In Russian.)
14. Elizarov N. V., Popov V. V., Semendyaeva N. V. Modern hydromorphism of solonchets in the forest-steppe zone of western Siberia // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 12. Pp. 1701–1708. DOI: 10.1134/S1064229320120054.
15. Morozova A. A., Semendyaeva N. V. Elementnyy sostav pochv zasolennykh agrolandschaftov Severo-Vostochnoy chasti Barabinskoy ravniny [Elemental Composition of Soils in Salt Agrolandscapes in the North-Eastern Part of the Baraba Plain] // Pochvy – strategicheskiy resurs Rossii. Tezisy dokladov VIII s'yezda Obshchestva pochvedovedov im. V. V. Dokuchayeva i Shkoly molodykh uchenykh po morfologii i klassifikatsii pochv. Moscow – Syktyvkar, 2021. Pp. 98–99. (In Russian.)
16. Korobova L. N., Riksen V. S., Lomova T. G. Biodiversity of shallow solonchets bacterias, occupied longly with crop rotation with *Bromus Inermis* (Poaceae) // Journal of Agriculture and Environment. 2022. No. 2 (22). Pp. 1–5. DOI: 10.23649/jae.2022.2.22.12.
17. Makarychev S. V. Solontsy zasushlivoy stepi, ikh svoystva i vozmozhnost' melioratsii [Salt licks of the arid steppe, their properties and the possibility of melioration] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019. No. 5 (175). Pp. 64–70. (In Russian.)

Authors' information:

Leonid N. Skipin¹, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0001-5778-9872, AuthorID 436872; +7 912 992-45-55, skipinln@tyuiu.ru

Elena V. Gaevaya¹, candidate of biological sciences, associate professor, professor of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0002-0631-9149, AuthorID 816670; +7 922 269-17-81, gaevajaev@tyuiu.ru

Svetlana S. Tarasova¹, candidate of biological sciences, assistant of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0002-5684-2819, AuthorID 933439; +7 982 935-08-91, tarasovass@tyuiu.ru

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Изучение современного генофонда узколистного люпина по элементам продуктивности и морфобиологическим свойствам

П. А. Агеева¹✉, Н. А. Почутина¹, Н. В. Мисникова¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФНЦ «ВИК им В. Р. Вильямса», Мичуринский, Россия

✉E-mail: lupin.labuzkolist@mail.ru

Аннотация. Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) – окультуренный вид многоцелевого назначения с очень короткой историей доместикизации. Этот вид – исторически древняя культура, но создание генофонда с измененными мутантными генами начато лишь в XX веке. **Актуальность** настоящей работы состоит в мобилизации и всестороннем изучении современного генофонда узколистного люпина в меняющихся условиях окружающей среды. **Цель исследований** – изучение коллекционных и селекционных сортов и сортообразцов узколистного люпина по элементам продуктивности и морфобиологическим свойствам и использование выделившихся в качестве родителей при гибридизации для создания нового исходного материала и дальнейшей селекционной работы по созданию новых сортов. **Объект исследований** – рабочая коллекция узколистного люпина, представленная сортами и сортообразцами собственной селекции и полученными в рамках обмена из других научно-исследовательских учреждений России, ближнего и дальнего зарубежья и ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов им. Н. И. Вавилова (ВИР)». Коллекция изучалась в юго-западной зоне Центрального региона (Брянская область) в 2018–2021 гг. **Результаты.** Процент сохранившихся растений к уборке у подавляющего количества номеров варьирует в диапазоне 70–90 %. Средняя выживаемость по годам изучения ниже этого предела отмечена по кормовым белорусским сортам Миртан, Ванюша, австралийскому сортообразцу Walan-2248 и африканскому сидеральному сорту Азуру. Негативное влияние на генофонд узколистного люпина оказывает высокая инфекционная нагрузка наших полей вследствие сильной насыщенности севооборота этой культурой. Зерновая продуктивность контрольного сорта Витязь составила 4,7 г. Превышение на 1,5–1,8 г получено по сортам Брянский кормовой, Узколистный 53 и сортообразцу УСН 53-236. По высоте растений (69,9 см) выделился Гибрид 1215; превышение к контролю составило 19,9 см. По темпу начального роста (7,0–8,5 балла) выделились Белорозовый 144, Гуслер и СН 78-07; в группе алкалоидных сортов – Брянский сидерат.

Ключевые слова: люпин узколистный, генофонд, сорт, сортообразец, продуктивность.

Для цитирования: Агеева П. А., Почутина Н. А., Мисникова Н. В. Изучение современного генофонда узколистного люпина по элементам продуктивности и морфобиологическим свойствам // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 41–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52.

Дата поступления статьи: 18.05.2022, **дата рецензирования:** 15.08.2022, **дата принятия:** 23.12.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В связи с повышенным интересом к проблеме растительного белка особое место среди сельскохозяйственных растений принадлежит зерновым бобовым культурам, в том числе люпину. Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) – окультуренный вид многоцелевого назначения с очень короткой историей доместикизации. На разнообразие морфологических признаков и адаптивных свойств люпина наложило отпечаток широкое экологическое многообразие его местообитания [1, с. 5; 16, с. 897–900].

Для использования в сельскохозяйственном производстве люпин привлекает своей неприхотливостью к почвенным условиям, скороспелостью, способностью давать хороший урожай зерна и зеленой массы, достаточно высоким содержанием сырого протеина (30–38 % в зерне, 17–20 % в сухом веществе зеленой массы) и сравнительной дешевизной его выращивания. Новые возможности открылись перед люпином после выведения селекционным путем его безалкалоидных форм, что позволило шире использовать эту культуру во многих регионах нашей страны в качестве кормовой

культуры. Этому способствуют и высокие адаптивные свойства люпина по отношению к различным климатическим и почвенным условиям. Узколистный люпин – самый скороспелый и наиболее пластичный из возделываемых видов и единственный адаптированный к сравнительно северным широтам. В настоящее время в России и Беларуси создано новое поколение скороспелых, высокоурожайных, устойчивых к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам сортов люпина, которые пополнили генофонд этой культуры не только количественно, но и качественно [2, с. 12–19; 3; 17, с. 854–855; 19, с. 74; 20, с. 1258].

Специфичность культуры заключается в том, что она обладает высокой азотфиксирующей способностью. Благодаря симбиотической азотфиксации люпин обеспечивает себя и обогащает почву биологическим азотом. В симбиозе с клубеньковыми бактериями (*Rhizobium lupini*) люпин способен фиксировать на гектаре посева до 300 кг атмосферного азота [3, с. 14]. Кроме того, люпин может извлекать макро- и микроэлементы из подпахотных горизонтов в верхние слои почвы, поэтому отличается относительной нетребовательностью к почвенному плодородию. Узколистный люпин дает хороший урожай зерна зеленой массы на почвах со средним уровнем плодородия и реакцией почвы pH 5,0–6,0 (переносит от 4,5 до 7,0). Он вынослив к пониженным температурам; оптимальная температура прорастания семян +9...+12 °С (минимальная +2...+4 °С), всходы выдерживают заморозки до –7 °С. Узколистный люпин – влаголюбивая культура. Для полного набухания семян, прорастания и появления всходов ему требуется 150–170 % воды от их массы. Недостаток доступной влаги в почве в первый период вегетации (менее 14 мм в слое 0–10 см) задерживает появление всходов и ведет к их неравномерности и изреженности посева. Оптимальная влажность почвы для формирования высокого урожая соответствует 60–70 % ее полной полевой влагоемкости [4, с. 15].

Люпин возделывают на зеленый корм, силос, семена и как сидерат. Его кормовая ценность связана с высоким содержанием сырого протеина. Зерно люпина используется в качестве белковой добавки в рационах кормления животных. Зеленая масса является высокопротеиновым сочным кормом и может использоваться как в свежем, так и в засилованном виде в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Люпин узколистный издавна использовался в качестве сидеральной культуры. Эту роль он сохранил до настоящего времени, являясь элементом органического земледелия. Алкалоиды, содержащиеся в запахиваемой зеленой массе, обеззараживают почву, благодаря чему уменьшается поражение болезнями последующих культур. Выдающийся русский ученый, основа-

тель советской агрохимии Д. Н. Прянишников отметил, что, как бы высоко ни было развито производство минеральных удобрений, никогда не следует забывать о целесообразности использования биологического азота. Запасы продуктивной влаги под растениями пшеницы после люпиновой сидерации на 40 % выше, чем после ячменя, не только в верхнем слое, но и по всему метровому профилю почвы. При минерализации биомассы люпина усиливается воздушный режим почвы, увеличивается количество нитрифицирующих, аммонифицирующих, фосфоромобилизующих и других бактерий, создаются предпосылки для лучшей обеспеченности растений элементами питания [5].

Генофонд узколистного люпина отличается большим разнообразием морфологических и биологических признаков. Генетические исследования показывают, что у узколистного люпина часто наблюдается тесная коррелятивная зависимость окраски цветков, кожуры семян и вегетативных органов – стеблей и листьев [6, с. 95]. Выявлено, что коллекция люпина узколистного в ВИР, занимающая второе место в мире по числу образцов, значительно отличается от других преобладанием в ней сортов научной селекции и селекционного материала, в то время как в большинстве коллекций преобладают дикие формы [1, с. 610].

Люпин узколистный – исторически древняя культура, но создание генофонда с измененными мутантными генами начато лишь в XX веке. Работа по мобилизации и всестороннему изучению современного генофонда узколистного люпина в меняющихся условиях окружающей среды актуальна.

Одним из средств дальнейшего улучшения существующего порога продуктивности сортов является целенаправленная селекционная работа с использованием выделенных в коллекционном питомнике сортономеров, обладающих ценными хозяйственно-биологическими признаками.

Цель наших исследований – изучение коллекционных и селекционных сортов и сортообразцов узколистного люпина по элементам продуктивности и морфобиологическим свойствам и использование лучших в качестве родителей в скрещиваниях для получения нового исходного материала и дальнейшей селекционной работы по созданию новых сортов.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалом исследований являются сорта и сортообразцы узколистного люпина собственной селекции, а также полученные из ВИР и других научно-исследовательских учреждений Беларуси и России, которые изучались в коллекционном питомнике 2018–2021 годы. По элементам продуктивности проведен структурный анализ растений люпина в фазу созревания. Определение элемен-

тов структуры урожайности проводили методом пробного снопа, состоящего из 10 характерных для сорта растений. Учеты и наблюдения проводили по общепринятым в селекционной работе методикам. При постановке опыта использовали методические рекомендации по изучению зерновых бобовых культур [7–9]. Полевые исследования проводились в селекционном севообороте Всероссийского научно-исследовательского института люпина, находящегося в юго-западной зоне Центрального региона (Брянская область). Почва опытных участков – дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса в пахотном слое составляет 2,1–2,5 %, подвижного фосфора – 16,0–18 мг/100 г, обменного калия – 13–15 мг/100 г почвы, pH солевой вытяжки – 5,3–5,6. Метеорологические условия были неблагоприятными для узколистного люпина, так как не соответствовали биологическим требованиям культуры. В годы исследований отмечались повышенные температуры в критические периоды роста и развития растений и недостаток влаги. В 2021 году коллекционный питомник люпина, кроме того, в фазу цветения пострадал от ураганного ливня с градом. Вегетационные периоды в годы исследований характеризуются как засушливые и очень засушливые: на фоне повышенных температур осадки выпадали крайне неравномерно, что негативно повлияло на зеленоую и зерновую продуктивность. В этих стрессовых условиях проведена оценка генетических ресурсов узколистного люпина.

Результаты (Results)

Сбор, сохранение и оперативное использование генетических ресурсов – важное звено поступательного прогресса селекции люпина. В коллекционном питомнике изучались 100 сортов и сортов образцов узколистного люпина различного происхождения, в том числе собственной селекции и полученных в рамках обмена из различных научно-исследовательских учреждений России, Беларуси и Всероссийского института генетических ресурсов им. Н. И. Вавилова. Мировой генофонд представлен сортами из Австралии, Польши, Германии и других стран.

Изучаемая коллекция разнообразна по многим хозяйственно-биологическим признакам. По морфотипу коллекция включает сортообразцы ветвистые с разной степенью блокировки бокового ветвления, метельчатые, колосовидные и фасцированные. Существует большое разнообразие по высоте растений, окраске вегетативных, генеративных органов и семян. В настоящее время по узколистному люпину известно до 10 различных окрасок цветка. В диком состоянии этот вид имел только синюю окраску, поэтому его называли «люпин синий» [6, с. 94]. По содержанию алкалоидов в коллекционном питомнике представлены

сортомера малоалкалоидные с разной степенью алкалоидности и сидеральные. Этот показатель постоянно контролируется качественными методами: в лаборатории в зимний период по семенам, в поле – по вегетирующим растениям. Определен процент сохранившихся растений к уборке. У подавляющего числа номеров он варьирует в диапазоне 70–90 % (таблица 1). Средняя выживаемость по годам изучения ниже этого предела отмечена по кормовым белорусским сортам Миртан, Ванюша, австралийскому сортообразцу Walan-2248 и африканскому сидеральному сорту Азуро. Негативное влияние на генофонд узколистного люпина оказывает высокая инфекционная нагрузка наших полей вследствие сильной насыщенности севооборота этой культурой. Старые сорта узколистного люпина, не устойчивые к фузариозу и другим болезням, практически погибают.

Высота растений имеет большое значение в селекции, так как этот показатель в значительной мере характеризует пригодность сорта к современным технологиям. Существует мнение ряда исследователей (Старжицкий Ст., 1981; Ламан Н. А. и др., 1987) о том, что дальнейший прогресс в селекции растений будет наиболее успешным через рост общего биологического урожая посева за счет увеличения его высоты. Селекционерам рекомендуется перейти к отбору длинностебельных генотипов, способных формировать посева высокой оптической и биологической плотности. Для узколистного люпина как кормовой зеленоукошной и зернофуражной культуры такой подход интересен, поэтому поиск генотипов с усиленным линейным ростом для использования их в гибридизации актуален. По литературным данным известно, что внутривидовое разнообразие узколистного люпина по высоте растений включает формы от 25 см до 135 см [9, с. 224]. Этот показатель во многом зависит от условий выращивания. За годы исследований в сложившихся почвенно-климатических условиях нашей зоны высота контрольного сорта Витязь составила 50 см. Сорта Ванюша, Белорозовый 144, Белозерный 110 и сортообразцы СН 78-07 и Гибрид 1215 превышают его по этому показателю на 4,0–19,9 см. Новый сорт Белорозовый 144, включенный в 2019 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве, задействован в селекционной работе института как источник обсуждаемого признака и других положительных характеристик. В годы исследований он превосходил контроль по высоте растений на 12–19 см. Среди алкалоидных сортов максимальной высотой выделился сорт Азуро, превысив контроль на 22,7 см. К сожалению, он имеет ряд негативных доминантных признаков дикаря, что сильно усложняет его использование в создании нового исходного материала.

Таблица 1

Результаты изучения коллекции узколистного люпина по некоторым морфобиологическим признакам (2018–2021 гг.)

Биология и биотехнологии

№ МКУ*	Сорт, сортообразец	Происхождение	Сохраняемость растений, %	Высота растения, см	Темп начального роста, балл
Индетерминантные кормовые сорта и сортообразцы					
1	Витязь, контроль	Россия, ВНИИ люпина	89,8	50,0	5,0
2	Брянский кормовой	-//-	84,0	51,4	5,5
3	Белозерный 110	-//-	80,5	55,2	7,0
4	Смена	-//-	77,1	46,4	6,0
5	Кристалл	-//-	71,9	43,0	4,5
11	Белорозовый 144	-//-	75,1	62,7	8,5
12	Узколистный 53	-//-	83,2	46,6	4,5
13	СН 78-07	-//-	84,5	62,1	8,5
20	УСН 53-236	-//-	82,7	46,4	5,0
53	Гибрид 1215	-//-	67,9	69,9	3,5
58	Миртан	Беларусь	66,7	43,3	6,0
68	Walan-2248	Австралия	68,3	45,0	5,0
73	Wonga	-//-	83,1	52,6	5,0
105	Bazalt	Польша	81,5	45,2	5,0
75	Гном	-//-	73,8	50,0	6,5
76	Немчиновский 97	Россия	72,3	45,1	5,2
103	Гусяр	Беларусь	83,0	51,4	7,0
104	Альянс	-//-	77,2	41,4	5,0
102	Ванюша	-//-	44,2	54,0	4,0
Сидеральные алкалоидные сорта					
85	Сидерат 46, контроль	Россия, ВНИИ люпина	84,9	45,6	5,0
84	Брянский сидерат	-//-	83,2	49,0	8,0
88	Аккорд	Россия	69,7	44,9	4,0
66	Агни	Беларусь	72,3	48,5	6,0
86	Азуро	Африка	49,3	71,7	4,0

* МКУ – местный каталог узколистного люпина.

Table 1

Research results of the narrow-leaved lupin collection for some morphological-and-biological characters (2018–2021)

No. in LCNL*	Variety, breeding line	Origin	Plant keeping, %	Plant height, cm	Initial growth tempo, point
Indeterminate forage varieties and breeding lines					
1	Vityaz', standard	Russia, ARSRLI	89.8	50.0	5.0
2	Bryanskiy kormovoy	-//-	84.0	51.4	5.5
3	Belozyornyy 110	-//-	80.5	55.2	7.0
4	Smena	-//-	77.1	46.4	6.0
5	Kristall	-//-	71.9	43.0	4.5
11	Belorozovyy 144	-//-	75.1	62.7	8.5
12	Uzkolistnyy 53	-//-	83.2	46.6	4.5
13	SN 78-07	-//-	84.5	62.1	8.5
20	USN 53-236	-//-	82.7	46.4	5.0
53	Gibrid 1215	-//-	67.9	69.9	3.5
58	Mirtan	Belorussia	66.7	43.3	6.0
68	Walan-2248	Australia	68.3	45.0	5.0
73	Wonga	-//-	83.1	52.6	5.0
105	Bazalt	Poland	81.5	45.2	5.0
75	Gnom	-//-	73.8	50.0	6.5
76	Nemchinovskiy 97	Russia	72.3	45.1	5.2
103	Guslyar	Belorussia	83.0	51.4	7.0
104	Al'yans	-//-	77.2	41.4	5.0
102	Vanyusha	-//-	44.2	54.0	4.0
Alkaloid varieties as green manure					
85	Siderat 46, standard	Russia, ARSRLI	84.9	45.6	5.0
84	Bryanskiy siderat	-//-	83.2	49.0	8.0
88	Akkord	Russia	69.7	44.9	4.0
66	Agni	Belorussia	72.3	48.5	6.0
86	Azuro	Africa	49.3	71.7	4.0

* LCNL – the local catalogue of the narrow-leaved lupin.

Высота растений люпина в значительной мере зависит от темпа начального роста; уменьшается при его замедлении и увеличивается при ускорении. Учитывая сведения литературы по генетике темпа начального роста узколистного люпина, можно заключить, что в ходе доместикации и селекции этого вида люпина происходило накопление в генотипах мутантных неаллельных рецессивных генов, ускоряющих начальный рост растений. Это обусловлено ориентацией селекционной работы на отбор растений с быстрым темпом начального роста как наиболее приспособленных к агрофитоценозам. Посевы быстрорастущих сортов более полно используют факторы весеннего плодородия почвы (влагу, питательные вещества и др.), раньше затегают поверхность почвы, создавая тем самым большую конкуренцию сорнякам,

имеют более короткий вегетационный период, что способствует уборке урожая в более благоприятный срок [10, с. 365]. Быстрый начальный рост имеют сорта Белорозовый 144, Белозерный 110, Гусяр, сортообразец СН 78-07 (8,5; 7,0; 7,0; 8,5 балла соответственно) [8, с. 21]. Среди сортов сидерального типа использования выделился Брянский сидерат. Посевы быстрорастущих сортов узколистного люпина в меньшей мере подвержены негативному влиянию сорняков.

В процессе изучения коллекционного материала по узколистному люпину важным моментом является выявление источников зерновой продуктивности для использования в селекционной работе отдельных элементов этого показателя. В фазу созревания ежегодно проводился структурный анализ сортов и сортообразцов люпина (таблица 2).

Таблица 2
Характеристика коллекционного генофонда узколистного люпина по элементам зерновой продуктивности (2018–2021 гг.)

№ МКУ	Сорт, сортообразец	Масса, г			Обсемененность боба, шт.
		семян с растения	воздушно-сухого растения	1000 шт. семян	
Индетерминантные кормовые сорта и сортообразцы					
1	Витязь, контроль	4,7	13,0	112	3,6
2	Брянский кормовой	6,2	13,1	125	3,4
3	Белозерный 110	4,2	11,4	104	3,6
4	Смена	4,0	11,0	102	3,9
5	Кристалл	2,0	7,6	121	3,0
11	Белорозовый 144	4,4	14,4	120	3,7
12	Узколистный 53	6,2	14,8	111	3,9
13	СН 78-07	3,5	11,7	103	4,0
20	УСН 53-236	6,5	15,5	110	4,0
53	Гибрид 1215	5,2	17,3	85	3,1
58	Мирган	3,7	9,0	94	3,6
68	Walan-2248	4,1	9,7	92	3,8
73	Wonga	3,4	9,0	127	3,5
105	Bazalt	3,6	8,7	113	3,1
75	Гном	4,0	10,2	103	3,6
76	Немчиновский 97	5,7	13,5	113	3,9
103	Гусяр	4,5	12,0	111	3,5
104	Альянс	4,6	10,3	98	3,8
102	Ванюша	3,5	9,0	85	2,8
	НСР ₀₅	0,85			
Сидеральные алкалоидные сорта					
85	Сидерат 46, контроль	5,1	10,9	99	4,2
84	Брянский сидерат	4,1	8,4	107	3,7
88	Аккорд	3,4	8,6	106	3,0
66	Агни	5,3	13,8	105	3,5
86	Азуро	4,2	14,4	127	3,4
	НСР ₀₅	1,51			

Table 2
Characteristic of the narrow-leaved lupine's collection genebank
for elements of the grain productivity (2018–2021)

No. in LCNL*	Variety, breeding line	Weight, g			Number of seeds per a pod
		seeds per a plant	dry plant	1000 seeds	
<i>Indeterminate forage varieties and breeding lines</i>					
1	<i>Vityaz', standard</i>	4.7	13.0	112	3.6
2	<i>Bryanskiy kormovoy</i>	6.2	13.1	125	3.4
3	<i>Belozornyiy 110</i>	4.2	11.4	104	3.6
4	<i>Smena</i>	4.0	11.0	102	3.9
5	<i>Kristall</i>	2.0	7.6	121	3.0
11	<i>Belorozovyy 144</i>	4.4	14.4	120	3.7
12	<i>Uzkolistnyy 53</i>	6.2	14.8	111	3.9
13	<i>SN 78-07</i>	3.5	11.7	103	4.0
20	<i>USN 53-236</i>	6.5	15.5	110	4.0
53	<i>Gibrid 1215</i>	5.2	17.3	85	3.1
58	<i>Mirtan</i>	3.7	9.0	94	3.6
68	<i>Walan-2248</i>	4.1	9.7	92	3.8
73	<i>Wonga</i>	3.4	9.0	127	3.5
105	<i>Bazalt</i>	3.6	8.7	113	3.1
75	<i>Gnom</i>	4.0	10.2	103	3.6
76	<i>Nemchinovskiy 97</i>	5.7	13.5	113	3.9
103	<i>Guslyar</i>	4.5	12.0	111	3.5
104	<i>Al'yans</i>	4.6	10.3	98	3.8
102	<i>Vanyusha</i>	3.5	9.0	85	2.8
	<i>LSD₀₅</i>	0.85			
<i>Alkaloid varieties as green manure</i>					
85	<i>Siderat 46, standard</i>	5.1	10.9	99	4.2
84	<i>Bryanskiy siderat</i>	4.1	8.4	107	3.7
88	<i>Akkord</i>	3.4	8.6	106	3.0
66	<i>Agni</i>	5.3	13.8	105	3.5
86	<i>Azuro</i>	4.2	14.4	127	3.4
	<i>LSD₀₅</i>	1.51			

Масса семян с одного растения за годы изучения варьировала от 1,9 до 9,0 г. У контрольного сорта Витязь этот показатель изменялся в диапазоне 2,7–6,5 г при средней величине массы семян с растения 4,7 г. Превышение к контролю по зерновой продуктивности порядка 1,5–1,8 г, или 31,9–38,3 %, имеют сорта Брянский кормовой, Узколистный 53 и УСН 53-236. По результатам дисперсионного анализа прибавка доказуема. В группе сидеральных сортов колебание величины этого показателя составило 2,8–8,5 г. Средняя величина массы семян с растения по контролю, сорту Сидерат 46, равна 5,1 г. Небольшое превышение (0,2 г) по этому показателю имеет белорусский черно-семянный сорт Агни.

Масса 1000 семян, являясь одним из компонентов продуктивности, имеет большое селекционное значение. В представленной группе превышение по данному признаку к контролю (8,0–15 г) имеют сорта Белорозовый 144, Брянский кормовой, Кристалл и австралийский сорт Wonga. Среди сиде-

ральных форм по массе 1000 семян выделился африканский дикарь Азуро. По данным литературных источников [9, с. 201], масса 1000 семян узколистного люпина в мировой коллекции варьирует от 37 до 244 г. Этот признак является полигенным, контролируемым генами с различными эффектами (аддитивным, доминантным, эпистатическим). Известно, что отбор по признакам, которые контролируются с преобладанием аддитивных эффектов, имеет в большинстве случаев хорошую результативность.

Многолетнее изучение образцов коллекции, отражающее внутривидовое разнообразие по массе 1000 семян, показало, что условия года значительно изменяют выраженность данного признака, сохраняя при этом существующее различие между генотипами. В обсуждаемом опыте показатель варьировал от 75 до 136 г. На снижение массы 1000 семян влияют засушливые условия в период формирования репродуктивных органов.

Количество семян в бобе играет значительную роль в жизненном цикле растения, определяя его потенциальную способность к размножению. Анализ распределения количества семян в бобе в сортах и сортообразцах мировой коллекции показал видовое разнообразие в диапазоне 2,5–7,4 шт. Как правило, мелкосемянные дикие формы имеют лучшую обсемененность. Совмещение в одном генотипе многосемянности боба и повышенной массы 1000 семян является одной из задач селекционной работы. В представленной таблице обсемененность боба по контролю равна 3,6 шт. По этому признаку лучшие показатели у сортообразцов СН 78-07, УСН 53-236, белорусского сорта Альянс и др. В нормально развитых бобах центральной кисти сорта Узколистный 53-02 отмечено появление шестисемянных бобов. В группе сидератов с показателем 4,2 шт. семян в бобе выделился сорт Сидерат 46.

Одним из параметров, определяемых при анализе структуры урожая люпина, является воздушно-сухая масса растения [7, с. 61; 11; 18, с. 65]. По массе воздушно-сухого вещества растения люпина можно относительно судить о продуктивности зеленой массы коллекционного номера. Для люпина как зеленоукосной кормовой культуры это важно. Современные сорта узколистного люпина способны обеспечить в производственных условиях 40,0–60,0 т/га высокобелковой зеленой массы для заготовки грубых и сочных кормов. Поиск источников, способствующих повышению этого показателя при использовании в селекционной работе, имеет значение [13, с. 28; 14, с. 43]. Масса сухого вещества одного растения в группе кормового люпина по вариантам и годам изучения варьировала от 4,1 до 31,7 г. Средний показатель по контролю равен 13,0 г. Превышение к нему от 4,3 до 1,4 г имеют сорта Белорозовый 144, Узколистный 53 и сортообразцы Гибрид 1215 и УСН 53-236 [15, с. 4].

В группе сидератов значительное (2,9; 3,5 г) превышение к контролю имеют сорта Агни и Азуро.

Перечисленные варианты опыта используются в качестве родительских форм при гибридизации и создании нового исходного материала с целью улучшения культуры узколистного люпина.

В современной таксономии узколистного люпина окраска семян является диагностическим признаком при установлении ранга разновидности (таблица 3, рис. 1).

В селекции разная окраска семян используется в качестве сигнального признака на гомо- и гетерозиготность, адаптивность, повышая результативность отбора желательных генотипов [9, с. 116]. Кроме того, окраска семян является удобным модельным признаком для различного рода генетических исследований.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В селекционном плане узколистный люпин является молодой культурой, перспектива его совершенствования с использованием ценных хозяйственно-биологических признаков, которыми характеризуются представленные в данной работе генетические ресурсы, актуальна. В группе кормовых индетерминантных коллекционных номеров по сохраняемости растений наряду с контролем, сортом Витязь, лучшие результаты получены по белорусскому сорту Гусяр, австралийскому Wonga и сортообразцу СН 78-07, по высоте растений и темпу начального роста – по сортам Белорозовый 144 и СН 78-07. По зерновой продуктивности выделились сорта Брянский кормовой, Узколистный 53 и сортообразец УСН 53-236, по массе воздушно-сухого вещества зеленоукосной продукции – Гибрид 1215 и сорт Белорозовый 144. В группе сидеральных номеров по высоте и массе воздушно-сухого растения выделился африканский сорт Азуро, по темпу начального роста – Брянский сидерат.



Рис. 1. Окраска семян люпина узколистного
Fig. 1. Narrow-leaved lupin seeds' color

Таблица 3

Окраска семян узколистного люпина

Биология и биотехнологии

№ п/п	Название окраски	Окраска семян	Окраска рисунка
1	бел	Белая	–
2	Бмо	Матовые	–
3	Бел с рис	-//-	Светло-коричневые точки
4	Уникроп (ун)	Белые	Светло-желтая мраморность
5	фрост	-//-	Черная точечность
6	Мирела (мир)	Палевые	–
7	рыж	Рыжие	–
8	бкур	Белые	Коричневый узкий
9	бсур	-//-	Стальной узкий
10	бчур	-//-	Червонный узкий
11	бчшр		Червонный широкий
12		Олива темная	
13		Олива рыжие	
14		Олива светлые	
15		Пестрые светлые	
16		Пестрые темные	
17		Серые светлые	
18		Серые темные	
19		Серые	
20		Черные	
21		Коричневые	

Table 3

Narrow-leaved lupin seeds' color

No.	Color name	Seeds' color	Pattern color
1	<i>bel</i>	<i>White</i>	–
2	<i>Bmo</i>	<i>Matte</i>	–
3	<i>Bel s ris</i>	<i>-//-</i>	<i>Light brown points</i>
4	<i>Unikrop (un)</i>	<i>White</i>	<i>Light yellow marbling</i>
5	<i>frost</i>	<i>-//-</i>	<i>Black points</i>
6	<i>Mirela (mir)</i>	<i>Pale yellow</i>	–
7	<i>ryzh</i>	<i>Red</i>	–
8	<i>bkur</i>	<i>White</i>	<i>Brown narrow</i>
9	<i>bsur</i>	<i>-//-</i>	<i>Steel narrow</i>
10	<i>bchur</i>	<i>-//-</i>	<i>Red narrow</i>
11	<i>bchshr</i>		<i>Red wide</i>
12		<i>Dark olive</i>	
13		<i>Red olive</i>	
14		<i>Light olive</i>	
15		<i>Light motley</i>	
16		<i>Dark motley</i>	
17		<i>Light gray</i>	
18		<i>Dark gray</i>	
19		<i>Gray</i>	
20		<i>Black</i>	
21		<i>Brown</i>	

Выделившиеся в изучаемом генофонде по тем или иным положительным признакам сорта и сортообразцы будут использованы в качестве родителей в географически и генетически отдаленных

скрещиваниях для создания нового исходного материала и дальнейшей работы по селекции более совершенных сортов узколистного люпина.

Библиографический список

1. Вишнякова М. А., Власова Е. В., Егорова Г. П. Генетические ресурсы люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) и их роль в доместикации и селекции культуры // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 6. С. 620–630. DOI: 10.18699/VJ21/070.
2. Такунов И. П., Слесарева Т. Н., Лукашевич М. И., Агеева П. А., Рущая В. И., Пимохова Л. И., Мисникова Н. В., Новиков М. Н. Перспективная ресурсосберегающая технология возделывания люпина: научно-практические рекомендации. Брянск: Всероссийский научно-исследовательский институт люпина, 2017. 74 с.
3. Агеева П. А., Почутина Н. А., Громова О. М. Результаты изучения генетических ресурсов узколистного люпина по продуктивности и другим свойствам // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы научно-практической конференции, посвященной 45-летию со дня образования Белгородского ФАНЦ РАН. Белгород, 2020. С. 207–212.
4. Косолапов В. М., Яговенко Г. Л., Лукашевич М. И., Агеева П. А., Новик Н. В., Мисникова Н. В., Слесарева Т. Н., Такунов И. П., Пимохова Л. И., Яговенко Т. В. Люпин – селекция, возделывание, использование. Брянск: Брянское областное полиграфическое объединение, 2020. 304 с.
5. Сидерат 46 – высокоурожайный сидеральный сорт узколистного люпина [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lupins.ru/lupinvars.htm> (дата обращения: 02.06.2022).
6. Майсурян Н. А., Атабекова А. И. Люпин. Москва: Колос, 1974. 463 с.
7. Вишнякова М. А., Сеферова И. В., Буравцева Т. В., Бурляева М. О., Семенова Е. В., Филипенко Г. И., Александрова Т. Г., Егорова Г. П., Яньков И. И., Булынецов С. В., Герасимова Т. В., Другова Е. В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания / Под ред. М. А. Вишняковой. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: ВИР, 2018. 143 с. DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5.
8. Степанова С., Назарова Н., Корнейчук В. (СССР), Леман Хр. (ГДР), Миколайчик Я. (ПНР). Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ рода *Lupinus*. Л. Ленинград: Всесоюзный НИИ растениеводства имени Н. И. Вавилова (ВИР), 1983. 33 с.
9. Купцов Н. С., Такунов И. П. Люпин (генетика, селекция, гетерогенные посева). Клинцы: Клинцовская городская типография, 2006. 576 с.
10. Козловский А. А. Генетика темпа начального роста люпина узколистного // Земледелие и селекция в Беларуси: сборник научных трудов. Минск: ИВЦ Минфина, 2020. Вып. 56. С. 360–366.
11. Агеева П. А., Матюхина М. В., Почутина Н. А. Оценка сортов узколистного люпина по некоторым морфобиологическим признакам // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. 2019. Т. 21. № 69. С. 20–25. DOI: 10.33814/МАК-2019-21-69-20-25.
12. Ageeva P. A., Potchutina N. A., Matyukhina M. V., Gromova O. M. Results of the study of the modern gene pool of narrow-leaved lupine // IOP Conf. Series: Earth Environmental Science. 2021. Vol. 901. Article number 012011. DOI: 10.1088/1755-1315/901/1/012011.
13. Маслинская М. Е. Оценка уровня продуктивности и адаптивного потенциала сорта льна масличного в условиях Белоруссии // Аграрный вестник Урала. 2021. № 9 (212). С. 25–33. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-25-33.
14. Кипшакбаева Г. А., Амантаев Б. О., Глеулина З. Т., Жанбыршина Н. Ж., Кульжабаев Е. М. Изучение и создание исходного материала сои в условиях Северного Казахстана // Аграрный вестник Урала. 2022. № 02 (217). С. 40–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47.
15. Yagovenko G. L., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Novik N. V. and Misnikova N. V. Evaluation of the modern lupine varieties developed in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute // IOP Conf. Series: Earth Environmental Science. 2022. Vol. 1010. Article number 012096. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012096
16. Mousavi-Derazmahalleh M., Bayer P. E., Nevado B., Hurgobin B., Filatov D., Kilian A., Kamphuis L. G., Singh K. B., Berger J. D., Hane J. K. Exploring the genetic and adaptive diversity of a pan-mediterranean crop wild relative: Narrow-leaved lupin. // Theoretical and Applied Genetics. 2018. Vol. 131. Pp. 887–901. DOI: 10.1007/s00122-017-3045-7.
17. Abraham E. M., Ganopoulos L., Madesis P., Mavromatis A., Mylona P., Nianiou-Obeidat L., Parissi Z., Polidoros A., Tani E. and Vlachostergios D. The use of lupin as a source of protein in animal feeding: genomic tools and breeding approaches // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20. Article number 851. DOI: 10.3390/ijms20040851
18. Иванова Е. И., Хуснидинов Ш. К., Замашиков Р. В., Агеева П. А. Особенности плодообразования люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) в условиях Иркутской области // Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и за рубежом: материалы научно-практической конференции, посвященной 85-летию доктора с.-х. наук Хуснидинова Ш. К. Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, 2021. С. 60–66.

19. Анохина В. С., Романчук И. Ю., Саук И. Б., Егорова Г. П., Вишнякова М. А. Комплексная оценка образцов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) из коллекции ВИР в условиях Беларуси // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 3. С. 74–85. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-74-85.
20. Пимохова Л. И., Яговенко Г. Л., Царапнева Ж. В., Мисникова Н. В. Развитие белой гнили на люпине узколистном (*Lupinus angustifolius* L.) и белом (*Lupinus albus* L.) в одновидовом и смешанном посевах в условиях Брянской области // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 6. С. 1257–1267. DOI: 10.15389/agrobiologiy.2020.6.1257rus.

Об авторах:

Прасковья Алексеевна Агеева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, научное направление селекции узколистного люпина, ORCID 0000-0001-5928-5168, AuthorID 254929; +7 962 139-04-40, lupin.labuzkolist@mail.ru

Наталья Александровна Почутина¹, старший научный сотрудник, научное направление селекции узколистного люпина, ORCID 0000-0002-8285-4880, AuthorID 702838; lupin_mail@mail.ru

Надежда Викторовна Мисникова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, ORCID 0000-0001-5746-6539, AuthorID 618753; +7 906 504-86-86, lupin_nvmsnikova@mail.ru,

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФНЦ «ВИК им В. Р. Вильямса», Michurinskiy, Россия

The study of the modern narrow-leaved lupin genebank for productivity elements and morpho-biological characters

P. A. Ageeva¹✉, N. A. Pochutina¹, N. V. Misnikova¹

¹ All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Michurinskiy, Russia

✉E-mail: lupin.labuzkolist@mail.ru

Abstract. The narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) is cultivated multipurpose specie of short domestication history. This specie is a historic ancient crop and development of a genebank with changed mutant genes began in the XX century only. **Actuality** is in mobilization and comprehensive study of the modern narrow-leaved lupin genebank under changed environmental conditions. **The tests aimed** to study the narrow-leaved lupin collections and breeding varieties and lines for productivity elements and morpho-biological characters and use of selected ones as parental forms in hybridization for development of new initial material and for the future breeding to create new varieties. **The study object** is a working collection of the narrow-leaved lupin which is represented by varieties and breeding lines of own breeding or got within the frame of exchange with other research institutions of Russia, near and far abroad ones and from the Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). The collection was tested in the South-West zone of the Central region (Bryansk) in 2018–2021. **The results.** Percentage of saved plants to the yield of many breeding lines varies within the range 70–90 %. The average survival of the forage Belorussian varieties Mirtan and Vanyusha, the Australian breeding line Walan-2248 and of the African sidereal variety Azuro during the research years was lower than this limit. The high infectious loading of our fields has negative effect on the narrow-leaved lupin gene pool because of its strong saturation in crop rotation. The grain productivity of the standard variety Vityaz' made 4.7 g. The increase of the varieties Bryanskiy kormovoy, Uzkolistnyy 53 and USN 53-236 made 1.5–1.8 g. The Gibrid 1215 stood out in height (69.9 cm); its increase made 19.9 cm compared to the standard variety. The varieties Belorozovyy 144, Guslyar and SN 78-07 stood out for the initial growth tempo (7.0–8.5 point); Bryanskiy siderat stood out among alkaloid varieties.

Keywords: narrow-leaved lupin, genebank, variety, breeding line, productivity.

For citation: Ageeva P. A., Pochutina N. A., Misnikova N. V. Izucheniye sovremennogo genofonda uzkolistnogo lyupina po elementam produktivnosti i morfobiologicheskim svoystvam [The study of the modern narrow-leaved lupin genebank for productivity elements and morpho-biological characters] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 41–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52. (In Russian.)

Date of paper submission: 18.05.2022, **date of review:** 15.08.2022, **date of acceptance:** 23.12.2022.

References

1. Vishnyakova M. A., Vlasova E. V., Egorova G. P. Geneticheskiye resursy lyupina uzkolistnogo (*Lupinus angustifolius* L.) i ikh rol' v domestikatsii i selektsii kul'tury [Genetic resources of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) and their role in its domestication and breeding] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. No. 6. Pp. 620–630. DOI: 10.18699/VJ21/070. (In Russian.)
2. Takunov I. P., Slesareva T. N., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Rutsкая V. I., Pimokhova L. I., Misnikova N. V., Novikov M. N. Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya vozdeyvaniya lyupina: nauchno-prakticheskie rekomendatsii [Perspective resources saving technology for lupin cultivation: scientific and practical recommendations]. Bryansk: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut lyupina, 2017. 74 p. (In Russian.)
3. Ageeva P. A., Pochutina N. A., Gromova O. M. Rezul'taty izucheniya geneticheskikh resursov uzkolistnogo lyupina po produktivnosti i drugim svoystvam [Test results of narrow-leaved lupin genebank for productivity and other characters] // Aktual'nyye problemy funktsionirovaniya ustoychivyykh agrotsenozov v sisteme adaptivno-landshaftnogo zemledeliya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 45-letiyu so dnya obrazovaniya Belgorodskogo FANTs RAN. Belgorod, 2020. Pp. 207–212. (In Russian.)
4. Kosolapov V. M., Yagovenko G. L., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Novik N. V., Misnikova N. V., Slesareva T. N., Takunov I. P., Pimokhova L. I., Yagovenko T. V. Lyupin – selektsiya, vozdeyvaniye, ispol'zovaniye [Lupin – breeding, cultivation and use]. Bryansk: Bryanskoe oblastnoe poligraficheskoe ob"edinenie, 2020. 304 p. (In Russian.)
5. Ageeva P. A. Siderat 46 – vysokourozhainyy sidental'nyy sort uzkolistnogo lyupina [Siderat 46 is a high yielded narrow-leaved lupin variety for green manure] [e-resource]. URL: <https://www.lupins.ru/lupinvars.htm> (date of reference: 02.06.2022). (In Russian.)
6. Maysuryan N. A., Atabekova A. I. Lyupin [Lupin]. Moscow: Kolos, 1974. 463 p. (In Russian.)
7. Vishnyakova M. A., Seferova I. V., Buravtseva T. V., Burlyaeva M. O., Semenova E. V., Filipenko G. I., Aleksandrova T. G., Egorova G. P., Yan'kov I. I., Bulyntsev S. V., Gerasimova T. V., Drugova E. V. Kolleksiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh VIR: popolnenie, sokhranenie i izuchenie: metodicheskie ukazaniya [VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying: methodical manual]. 2nd edition / Under the general editorship of M. Vishnyakova. Saint-Petersburg: VIR, 2018. 143 p. DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5. (In Russian.)
8. Stepanova S., Nazarova N., Korneychuk V. (SSSR), Leman Kh. (GDR), Mikolaychik Ya. (PNR). Shirokiy unifikirovanny klassifikator SEV i Mezhdunarodnyy klassifikator SEV roda Lupinus. L. [The wide unified COMECON classifier and the international COMECON classifier list of descriptors for the genus Lupinus L.]. Leningrad: Vsesoyuznyy NII rastenievodstva imeni N. I. Vavilova (VIR), 1983. 33 p (In Russian.)
9. Kuptsov N. S., Takunov I. P. Lyupin (genetika, selektsiya, geterogennyye posevy) [Lupin (genetics, breeding and heterogeneous crops)]. Klintsy: Klintsovskaya gorodskaya tipografiya, 2006. 576 p. (In Russia.)
10. Kozlovskiy A. A. Genetika tempa nachal'nogo rosta lyupina uzkolistnogo [Genetics of the tempo of the narrow-leaved lupines' initial growth] // Zemledeliye i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov. Minsk: IVTs Minfina, 2020. No. 56. Pp. 360–366. (In Russian.)
11. Ageyeva P. A., Matyukhina M. V., Pochutina N. A. Otsenka sortov uzkolistnogo lyupina po nekotorym morfobiologicheskim priznakam [Evaluation of narrow-leaved lupin varieties for some morphological and biological characters] // Multifunctional adaptive feed production. 2019. No. 21 (69). Pp. 20–25. DOI: 10.33814/MAK-2019-21-69-20-25. (In Russian.)
12. Ageeva P. A., Pochutina N. A., Matyukhina M. V., Gromova O. M. Results of the study of the modern gene pool of narrow-leaved lupine // IOP Conf. Series: Earth Environmental Science. 2021. Vol. 901. Article number 012011. DOI: 10.1088/1755-1315/901/1/012011.
13. Maslinskaya M. E. Otsenka urovnya produktivnosti i adaptivnogo potentsiala sorta l'na maslichnogo v usloviyakh Belorussii [Assessment of the level of productivity and adaptive potential of linseed varieties in Belarus] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 9 (212). Pp. 25–33. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-25-33. (In Russian.)
14. Kipshakbayeva G. A., Amantayev B. O., Tleulina Z. T., Zhanbyrshina N. Zh., Kul'zhabayev E. M. Izucheniye i sozdaniye iskhodnogo materiala soi v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Study and creation of the source material of soybeans in the conditions of Northern Kazakhstan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 02 (217). Pp. 40–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47. (In Russian.)
15. Yagovenko G. L., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Novik N. V. and Misnikova N. V. Evaluation of the modern lupine varieties developed in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute // IOP Conf. Series: Earth Environmental Science. 2022. Vol. 1010. Article number 012096. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012096

16. Mousavi-Derazmahalleh M., Bayer P. E., Nevado B., Hurgobin B., Filatov D., Kilian A., Kamphuis L. G., Singh K. B., Berger J. D., Hane J. K. Exploring the genetic and adaptive diversity of a pan-mediterranean crop wild relative: Narrow-leaved lupin // *Theoretical and Applied Genetics*. 2018. Vol. 131. Pp. 887–901. DOI: 10.1007/s00122-017-3045-7.
17. Abraham E. M., Ganopoulos L., Madesis P., Mavromatis A., Mylona P., Nianiou-Obeidat L., Parissi Z., Polidoros A., Tani E. and Vlachostergios D. The use of lupin as a source of protein in animal feeding: genomic tools and breeding approaches // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20. Article number 851. DOI: 10.3390/ijms20040851
18. Ivanova E. I., Khusnidinov Sh. K., Zamashchikov R. V., Ageeva P. A. Osobennosti plodoobrazovaniya lyupina uzkolistnogo (*Lupinus angustifolius* L.) v usloviyakh Irkutskoy oblasti [Peculiarities of pods' formation of the narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) under conditions of Irkutsk region] // *Aktual'nye voprosy agropromyshlennogo kompleksa Rossii i za rubezhom: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu doktora s.-kh. nauk Khusnidinov Sh. K.* Irkutsk: Izd-vo Irkutskogo GAU. 2021. Pp 60–66. 393 p. (In Russian.)
19. Anokhina V. S., Romanchuk I. Yu., Sauk I. B., Egorova G. P., Vishnyakova M. A. Kompleksnaya otsenka obraztsov lyupina uzkolistnogo (*Lupinus angustifolius* L.) iz kolleksii VIR v usloviyakh Belarusi [Complex assessment of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) accessions from the VIR collection in Belarus] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2021. Vol. 182. No. 3. Pp. 74–85. DOI: 10.30901/2227-8834. (In Russian.)
20. Pimokhova L. I., Yagovenko G. L., Tsarapneva Zh. V., Misnikova N. V. Razvitie beloi gnili na lyupine uzkolistnom (*Lupinus angustifolius* L.) i belom (*Lupinus albus* L.) v odnovidovom i smeshannom posevakh v usloviyakh Bryanskoi oblasti [Development of Sclerotinia in narrowleaf (*Lupinus angustifolius* L.) and white (*Lupinus albus* L.) lupin single and mixed crops under different weather conditions in Bryansk region] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2020. Vol. 55. No. 6. Pp. 1257–1267. DOI: 10.15389/agrobiol.2020.6.1257eng. (In Russian.)

Authors' information:

Praskovya A. Ageeva¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the department of narrow-leaved lupin breeding, ORCID 0000-0001-5928-5168, AuthorID 254929; +7 962 139-04-40, lupin.labuzkolist@mail.ru

Natalya A. Pochutina¹, senior researcher, the department of narrow-leaved lupin breeding, ORCID 0000-0002-8285-4880, AuthorID 702838; lupin_mail@mail.ru

Nadezhda V. Misnikova¹, candidate of agricultural sciences, research secretary, ORCID 0000-0001-5746-6539, AuthorID 618753; +7 906 504-86-86, lupin_nvsmisnikova@mail.ru

¹All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Michurinskiy, Russia

Intestinal microbiocenosis and fodder digestibility in broiler chickens when using probiotics

S. S. Aleksandrova^{1✉}, A. A. Bakharev², A. P. Duktov³, N. A. Sadomov³

¹ Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – a branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Moskovskiy, Russia

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

³ Belarussian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

✉ E-mail: aleksandrova977@mail.ru

Abstract. Research objective was to study the intestinal microbiocenosis in broiler chickens. Laboratory test was conducted at Research and Development Center for Agriculture of the North-Western Branch of Tyumen Research Center of SB RAS. **Methods.** Cobb 500 chickens breed was used. The main part of experiment began at the age of 14 days. By this time, chickens had reached an average body weight of 365 grams. The control group of chickens was fed basic diet, consisting of total mixed ration fodder and pure water. Chickens of the 1st experimental group during the main stage of experiment were fed with “Vetom 2” probiotic additive in drinking water at 50 mg / 1 kg of poultry weight, whereas chickens of the 2nd experimental group were fed “Lactobifadol” added to their fodder at the rate of 0.2 g per 1 kg of poultry weight. **Research results** have showed that prior to feeding probiotic formulations no pathogenic microflora was observed in the microbiocenosis of the droppings of broiler chickens. Conditionally pathogenic bacteria, such as *Proteus mirabilis*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* were present. *Bacillus* spp. was present in all of the samples. After feeding the formulations, no pathogenic microflora was detected in the droppings of chickens in experiment groups. Conditionally pathogenic bacteria *Proteus mirabilis* were present in the droppings of control group chickens, the 1st experimental group, 2nd experimental group. Concentrations of Bifidobacteria and Lactobacteria in chickens’ droppings fed with “Lactobifadol” were significantly higher than in the rest of the groups. *Bacillus* spp. was present in all samples of the 1st experimental group fed with “Vetom 2”. It was also present in the droppings of chickens in other groups. **Scientific novelty.** Laboratory experiment involving broiler chickens aimed at researching intestinal microbiocenosis and its effect on digestibility of mixed fodder was conducted in Northern Trans-Urals conditions for the first time.

Keywords: broiler chickens, Vetom, Lactobifadol, intestinal microbiocenosis, digestibility coefficients.

For citation: Aleksandrova S. S., Bakharev A. A., Duktov A. P., Sadomov N. A. Intestinal microbiocenosis and fodder digestibility in broiler chickens when using probiotics // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 53–61. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-53-61.

Date of paper submission: 10.10.2022, **date of review:** 03.11.2022, **date of acceptance:** 18.11.2022.

Introduction

Organic agriculture is quickly permeating enterprises, producing food products, as well as markets of European countries.

In EU countries, environment friendly animal husbandry and crop farming regulations form a legislative framework for environmental agriculture, being the constituent part of the documentation of Organics International (International Federation of Organic Agriculture Movements), formed in 1972. The laws of this body define that within the EU the environmental agriculture products are notable for monitoring their production process, rather than probing a number of con-

trolled components. In EU countries, the use of fodder antibiotics was banned as of January 1, 2006.

The problem of finding biologically active substances capable of preventing gastrointestinal disorders, increasing immunity and improving the digestibility of fodder is front and center as on this day. Therefore, world practice is focusing close attention to developing and testing of probiotics, prebiotics, biopolymers and synbiotics.

Based on data obtained from numerous authors, probiotic formulations are used when restoring intestinal symbiosis of bacteria by introducing bacteria of normal intestinal microflora.

Probiotics are live cultures of bacteria used in veterinary medicine and animal nutrition to treat and increase their productivity. They appear antagonistic to pathogenic and conditionally pathogenic microflora in intestines, exert a positive effect on immunity, increase digestibility of fodder nutrients.

Probiotics stimulate symbiotic intestinal microflora, are harmless, have no contraindications, in combination with veterinary and sanitary measures have a positive effect on microbiocenosis of gastrointestinal tracts of animals [1–9].

One instance of such formulations are “Vetom 2” and “Lactobifadol”. “Vetom 2” contains dry biomass of live spore-forming bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* strain RNCIM B-10642 (DSM 24614) and *Bacillus amyloliquefaciens* strain RNCIM B-10643 (DSM 24615) [10].

“Lactobifadol” is a dry mass of lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus*, as well as bifidobacteria *Bifidobacterium adolescentis* [10].

Bacterial formulations are used to maintain animals’ immunity, reduce the burden of antimicrobial substances, reduce various stresses induced by production process, restore the normoflora of the intestine of animals and poultry [12–18].

The objective of this research was to study the intestinal microbiocenosis in broiler chickens. In this regard, the following goals were set:

- to probe intestinal microflora of chickens in experimental groups;
- to conduct hematometry to monitor physiological condition of chickens;
- to determine digestibility of fodder nutrients in chickens depending on formulations used.

Methods

Studies of intestinal microbiocenosis in broiler chickens have been conducted in Northern Trans-Urals conditions. Laboratory experiment was conducted at Research and Development Center for Agriculture of the North-Western Branch of Tyumen Research Center of SB RAS. Cobb 500 chickens breed was used. The chickens were distributed based on the principle of balanced equivalent groups consisting of 35 heads per group. The chickens rearing period was 34 days. The experiment’s primary stage began by the time the chickens had reached an average body weight of 365 grams, at the age of 14 days.

Based on research design, the control group of chickens was fed industrially produced all-in-one complete feed and pure water.

Chickens of the 1st experimental group were fed with industrially produced all-in-one complete feed, with water, as well as “Vetom 2” formulation at the rate of 50 mg / 1 kg of poultry weight. 2nd experimental group of chickens received the same feed with “Lactobifadol” at the rate of 0.2 g per 1 kg of poultry weight.

“Vetom 2” is a white powder for oral use, finely dispersed, odorless, soluble in water, forming a white sediment. Dry biomass of live spore-forming *Bacillus amyloliquefaciens* strain RNCIM B-10642 (DSM 24614) and *Bacillus amyloliquefaciens* strain RNCIM B-10643 (DSM 24615). Manufacturer: NPF Research Center LLC (Russia).

“Lactobifadol” is a powder for oral use. International non-proprietary name: lactobifadolum. Contains, dried by sorption method, microbial mass of lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus* LG1-DEP-VGNKI, bifidobacteria *Bifidobacterium adolescentis* B-1-DEP-VGNKI and filler agent – wheat flour.

In terms of its appearance, “Lactobifadol” is a homogeneous loose powder of beige color. One gram of the formulation contains at least 1.0x10⁶ CFU (colony-forming units) of living cells of lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus* LG1-DEP-VGIKI and 8.0x10⁷ CFU of live cells of bifidobacteria *Bifidobacterium adolescentis* B-1-DEP-VGNKI.

The intestinal microbiocenosis was probed in group’s three chickens at the start and four chickens at the end of experiment in the bacteriological laboratory of the State Educational Institution for Higher Professional Education The Tyumen State Medical Academy under Federal Service on Surveillance in Healthcare by applying laboratory methods of inoculation of nutrient media as provided for by the Industry Standard OST 91500.11.0004-2003 (enacted by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 231 of 09.06.2003. The calculation of the quantity of microorganisms was accepted as CFU/g based on generally acknowledged methodology. Material for the analysis was collected from intestines into sterile containers. Feces were analyzed on day 12 and day 34 of rearing period.

At the age of 12 and 34 days, blood serum was collected from experimental poultry for research. The blood serum was analyzed to determine: total protein, albumin, creatinine, urea, cholesterol, triglycerides. The analyses were carried out in the laboratory of the State Educational Institution for Higher Professional Education The Tyumen State Medical Academy of Federal Service on Oversight in Healthcare.

Results

The microbial community is divided into obligate microflora, which inhabits it permanently, and optional, ingressed from external environment. The main instances of beneficial microflora are: bifidobacteria, lactobacilli, *E. coli* with normal enzymatic activity, *Bacillus subtilis*. Bifidobacteria represent numerous instances of intestinal microflora. They inhibit the development of pathogenic microflora. Bifidobacteria contribute to normal functioning of intestine. During their life processes, volatile fatty acids, such as lactic, acetic, formic and succinic are formed. Formation of acids helps in reducing pH levels of intestinal mucosa down to 4.0 –

3.8. As a result, the growth of pathogenic microflora inside intestine is inhibited. An important biological effect of bifidobacteria is expressed in synthesis of amino acids, proteins, a number of vitamins – thiamine, riboflavin, nicotinic, pantothenic, folic acids, pyridoxine, cyanocobalamin, vitamin K, which are absorbed in the intestine and used in metabolic processes. Synthesized vitamins B exert a positive effect on development of an immune response in animals.

Lactobacteria are also instances of a normal intestinal microbiota. They are antagonists to pathogenic microorganisms. They participate in forming immunity. They exhibit antibacterial activity associated with their ability to form lactic acid during fermentation. In addition, they produce lysozyme, lactoline, lysine, lactocidin and others.

Lactic acid bacteria, in the digestive tract, prevent excessive reproduction of a number of bacteria that periodically enter gastrointestinal tract with fodder or belong to the category of concomitant flora and capable of causing development of endogenous infection as a result of a decrease in resistance of microorganism. High levels of lactobacteria contribute to the development of high resistance of animals to experimental infection after infecting them with Staph. aureus and Klebs. pneumoniae. Lactic acid bacteria are able to suppress

reproduction of putrefactive and pyogenic microbes: Pseudomonas, Aeromonas, E. coli, Salm. Cholera suis, Klebs. pneumoniae and many others.

E. coli – Escherichia coli with normal enzymatic activity, is also a competitor to pathogenic flora. Symbiotic action with bifido- and lactobacteria, which are involved in synthesis of vitamins K and B. Contributes to normal functioning of immunity. An important function of escherichia is hydrolysis of lactose, synthesis of vitamins, antibiotic-like substances that inhibit the growth of pathogenic E. coli. A powerful immunomodulatory effect, activating humoral and local immunity. Escherichia colonize the colon and lower parts of the small intestine.

Bacillus subtilis (senna bacillus) is a gram-positive, spore-forming, aerobic type of soil bacteria. Contributes to synthesis of polypeptide antibiotics, as well as industrially produced enzymes such as amylase, protease. They exert an active biological effect on bodies of animals due to synthesis of various enzymes, antibiotics, lipopolysaccharides, as well as act as immunostimulants. In addition to antibacterial action of spore-forming aerobic bacteria, many authors have established antiviral action. Sarcinaspp – a type of gram-positive non-pathogenic cocci. They are found in air, water, living organisms.

Table 1
Microbiological analysis of chickens' droppings at the start of experiment

Microorganisms	Control group			1 st experimental group			2 nd experimental group		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pathogenic enterobacteria	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Typical E. coli	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷
Lactose negative E. coli	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Hemolytic E. coli	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Other conditionally pathogenic enterobacteria:									
1) Proteus mirabilis	none	10 ⁷	none	none	10 ⁷	none	none	none	10 ⁷
2) Klebsiella oxytoca	none	10 ⁷	none	none	none	none	none	none	10 ⁷
3) Klebsiella pneumoniae	none	none	none	none	none	10 ⁶	none	none	none
Non-fermenting bacteria	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Enterococci	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	less than 10 ⁵	10 ⁵	10 ⁶
Staphylococcus aureus	10 ³	10 ⁴	10 ²	none	10 ³	10 ⁴	10 ⁴	none	10 ³
Other staphylococci	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Bifidobacteria	less than 10 ⁸	less than 10 ⁸	10 ⁸	10 ⁹	less than 10 ⁸	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ⁸
Lactobacteria	10 ⁷	less than 10 ⁵	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	less than 10 ⁵	10 ⁶	10 ⁶
Lactotryptococci	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁸	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷
Fungi p. Candida	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Clostridia	over 10 ⁵	over 10 ⁵	over 10 ⁵	over 10 ⁵	less than 10 ⁵	less than 10 ⁵	less than 10 ⁵	less than 10 ⁵	less than 10 ⁵
Other microorganisms									
Bacillus spp.	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁵

Enterococci, staphylococci, streptococci, fungi, proteus, Klbsiella pneumonial, Serratia marcescens, Citrodacter freundii – are instances of conditionally pathogenic microflora, which, in moderate quantities, do not cause diseases. Under unfavourable conditions, they can multiply and cause intestinal disorders. This occurs when their number increases in relation to the normal microbiota, as well as with a decrease in functioning of immunity.

Clostridia is a type of gram-positive, anaerobic bacteria that produce endospores. They are constituent instances of a normal intestinal flora.

Hemolytic and salmonella E. coli are pathogenic microorganisms that cause gastrointestinal tract diseases in poultry, animals and humans. Microbiological snapshot of the chickens' intestines contents at the start and at the end of the main period of experiment are shown in Tables 1 and 2.

The Table 1 data show that no pathogenic microflora was observed in microbiocenosis of the droppings of broiler chickens prior to drinking probiotic formulations. Conditionally pathogenic bacteria Proteus mirabilis were present in 3 cases out of 9, Klebsiella oxytoca in 2 cases, Klebsiella pneumoniae in 1, Staphylococcus aureus in 7 cases out of 9. There was no difference between the groups observed. Bacillus spp was present in all of the samples.

Table 2 presents a snapshot of microflora of chickens' droppings after drinking formulations. No pathogenic microflora was detected in the droppings. Conditionally pathogenic bacteria Proteus mirabilis in the droppings of control group chickens were present in 2 cases out of 4, 1st experimental group also in 2 cases,

2nd experimental group in 1 case out of 4. No staphylococcus aureus was detected in the droppings of control group chickens, while in the 1st experimental group it was present in 2 samples out of 4, in 2nd experimental group in 3 samples. Concentrations of Bifidobacteria and Lactobacteria in the droppings of chickens of the 2nd experimental group, where the chickens were fed with "Lactobifadol", were much higher than in other groups. Bacillissppwas present in all samples of the 1st experimental group, control group – in 2 samples out of 4, 2nd experimental group – in 3 samples. Thus, adding of bacterial formulations allows to increase concentrations of corresponding bacteria in intestinal microbiocenosis of broiler chickens.

Intestinal microbiocenosis can affect digestibility of nutrients in the ration, because microbes have cellulolytic, proteolytic activity, secrete enzymes and synthesize vitamins, proteins and other nutrients used in the metabolism of the hosting body.

In our study, the nutrients digestibility coefficients of the fodder were determined. As well as the balance of protein, calcium and phosphorus in broiler chickens bodies. Digestibility of fodder was studied during a physiological experiment that was conducted by using a group method on 12 heads of a group (6 hens and 6 roosters) of broiler chickens at the age of 30 days.

The protein digestibility coefficient in chickens of control group was 87.4 %, in the 1st experimental group – 86.8 %, in the 2nd experimental group – 87.3 %; fiber – 20,7; 24,4; 27.0 % respectively. Calcium – 51,2; 55,3; 60,5 %. Phosphorus – 81,3; 83,1; 87,1 %. Fat – 75,6; 74,0; 73,0 %.

Table 2
Microbiological analysis of chickens' droppings at the end of experiment

Microorganisms	Control group				1 st experimental group				2 nd experimental group			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pathogenic enterobacteria	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Typical E. coli	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶
Lactosenegative E. coli	none	none	none	none	none	none	none	10 ³	none	none	none	none
Hemolytic E. coli	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Proteus mirabilis	none	10 ⁶	none	10 ⁵	10 ⁵	none	10 ⁷	none	none	none	none	10 ⁷
Non-fermenting bacteria	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Enterococci	10 ⁵	less than 10 ⁵	less than 10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	less than 10 ⁵	10 ⁶	less than 10 ⁵	less than 10 ⁵	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁶
Staphylococcus aureus	none	none	none	none	none	10 ²	none	10 ³	none	10 ³	10 ³	10 ⁵
Other staphylococci	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Bifidobacteria	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	11 ⁸	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁸
Lactobacteria	10 ⁷	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷
Lactotryptococci	10 ⁷	less than 10 ⁵	10 ⁶	10 ⁶	less than 10 ⁵	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	less than 10 ⁵	10 ⁷	10 ⁸
Fungi p. Candida	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Clostridia	less than 10 ⁵	over 10 ⁵	less than 10 ⁵	over 10 ⁵	over 10 ⁵	over 10 ⁵	over 10 ⁵	over 10 ⁵	over 10 ⁵	over 10 ⁵	less than 10 ⁵	over 10 ⁵
Bacillis spp.	none	10 ³	10 ⁴	none	10 ²	10 ⁴	10 ³	10 ⁵	10 ³	none	10 ⁵	10 ⁴

Thus, coefficients of calcium and phosphorus digestibility in chickens of the first experimental group were higher by 4.1 and 1.8 %, and in the second experimental group by 9.3 and 5.8% higher than in the control group. Fiber was better digested in chickens of the 2nd experimental group by 6.3 %, whereas in the 1st experimental group – by 3.7 % compared to the control group. Thus, “Lactobifadol” and “Vetom 2” formulations improve absorption of calcium, phosphorus and fiber in broiler chickens.

Physiological condition of the poultry was monitored by hematological and biochemical analyses, because blood composition and its serum reflect biochemical processes occurring in a body.

Blood serum was collected from experimental poultry at the ages of 12 and 34 days to run biochemical analyses.

The intensity of broiler poultry rearing imprints biochemical composition of chickens' blood (Fig. 1, 2).

Biochemical analyses (Fig. 1, 2) of chickens' serum showed that comparing with the start of experiment, at the end of the experiment, triglyceride indicators in the control group decreased by 0.37 mmol/l, whereas in the 1st experimental group by 0.52, and in the 2nd experimental group by 0.13 mmol/l and were lower than the physiological norm both at the start and at the end of the experimental period. At the same time, the amount of cholesterol was higher in all samples, both at the start and at the end of the experiment. There is an inverse correlation between the concentrations of triglycerides and cholesterol here – the lower the level of triglycerides, the higher are cholesterol concentrations. In this case, we observe a metabolic disorder based on the above-mentioned indicators. This is not resulting from intake of formulations involved in the study, because the ratio of triglycerides to cholesterol was not optimal both before and after exposure to formulations, as well as between groups.

Urea is formed during metabolism of proteins in the liver. As a final product of such metabolism, it is delivered from the liver to the blood and to the kidneys for excretion from the body. Increased concentrations of urea in the blood serum of more than 20 mmol/l causes swelling of organs and heart muscle, because the compound has hydrophilic capabilities.

The quantity of urea in the serum of our experimental poultry decreased by 0.52 mmol/l in the control group, by 0.64 in the 1st experimental group, and by 0.73 mmol/l in the 2nd experimental group compared to the start of experiment and was within the normal range.

Creatinine levels were lower by 10 µmol/l in the control group, by 5.33 in the 1st experimental group, and by 4.92 µmol/l in the 2nd experimental group compared to the start of experiment and were slightly below normal.

Low levels of creatinine and triglycerides in broiler chickens may be associated with the process of establishing metabolic processes, high growth rate, muscle gain and increased energy demand to maintain these processes.

Discussion and Conclusion

Many publications dedicated to poultry's gastrointestinal diseases list intensive poultry rearing technologies as a factor limiting the contact of birds with the environment and available sources of normal microflora. This has a negative impact on microecology of gastrointestinal tract, changing the evolutionarily formed structure of intestinal microbiota.

The data of S. A. Glaskovich, P. P. Krasochko indicate that the bacterial formulation “Bifidofloran liquid” populates poultry's gastrointestinal tract and stimulates formation of lacto- and bifidoflora in gastrointestinal tract of chickens. The use of this probiotic leads to inhibition of intestinal-paratyphoid bacteria in gastrointestinal tract of chickens. The formulation improves poultry's intestinal digestion, it normalizes liver condition

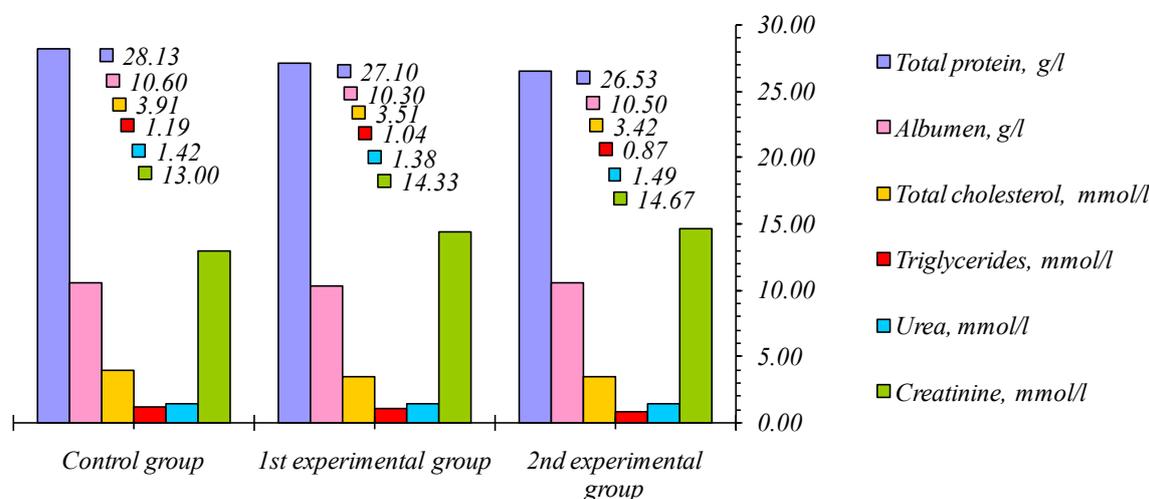


Fig. 1. Results of biochemical analysis of blood samples of broiler chickens at the start of experiment time frame

and metabolic processes within the body, especially metabolism of protein and minerals [13].

Probiotics “Prolam”, “Levisel SB Plus” and “Profort” have a positive effect on meat efficiency, slaughtering performance indicators and safety of broiler chickens [14].

The use of “Lactobifadol” probiotic increases poultry’s gains of live weight, survival rates and it is economically justified. The formulation can be recommended for use in rations when rearing broiler chickens [11].

The research of E. R. Rafikova, G. A. Nozdrin was aimed at studying the growth-stimulating effect of the “Vetom” formulation based on adaptogenic fungus *Dudingtonia flagrans*. A positive effect of the formulation on intensity of live weight gains in broiler chickens was recognized [18].

The “Vetom” formulation microorganisms culture successfully inhibited the growth of *Enterobacter cloacae* microorganisms over entire surface of a petri dish with MPA in an in vitro experiment [19].

In our studies, it was found that the use of “Vetom 2” and “Lactobifadol” bacterial formulations contributed to the increase of corresponding microorganisms in intestinal microbiosis of chickens, improved digestibility of nutrients and minerals, in particular, fiber, calcium and phosphorus.

In the microbiocenosis of broiler chickens’ droppings pathogenic microflora was not observed prior to feeding probiotic preparations. Conditionally pathogenic bacteria *Proteus mirabilis* were present in 3 cases out of 9, *Klebsiella oxytoca* in 2 cases, *Klebsiella pneumoniae* in 1 case, *Staphylococcus aureus* in 7 cases out of 9. No difference was identified between the groups. *Bacillus* spp. were present in all samples. After feeding the formulations, no pathogenic microflora was detected in the droppings of chickens of experimental groups. Conditionally pathogenic bacteria *Proteus mirabilis* in the chickens’ droppings of control group were present in 2 cases out of 4, in the 1st experimental group also in 2 cases, in the 2nd experimental group in 1 case out

of 4. *Staphylococcus aureus* was not detected in droppings of control group’s chickens, in the 1st experimental group was present in 2 samples from 4, in the 2nd experimental group in 3 samples. Concentrations of *Bifidobacteria* and *Lactobacilli* in droppings of chickens of the 2nd experimental group, where the poultry were fed with “Lactobifadol” formulation, was much higher than in other groups. This is logical, because “Lactobifadol” contains live lactobacteria and bifidobacteria. *Bacillus* spp was present in all samples of the 1st experimental group, because “Vetom 2” contains biomass of live *Bacillus* bacteria. In the control group, *Bacillus* was present in 2 samples out of 4, in the 2nd experimental group – In 3 samples.

Thus, adding of bacterial formulations allows to increase concentration of corresponding bacteria in intestinal microbiocenosis of broiler chickens, which has a positive effect on physiological condition of poultry.

The coefficients of calcium and phosphorus digestibility in chickens of the first experimental group were higher by 4.1 and 1.8 %, and in the second experimental group by 9.3 and 5.8 % higher than in the control group. Fiber digestion in chickens of the 2nd experimental group was better by 6.3%, while in the 1st experimental group it was better by 3.7% compared to the control group. Thus, the “Lactobifadol” and “Vetom 2” formulations improve absorption of calcium, phosphorus and fiber in broiler chickens.

Low serum creatinine and triglyceride levels in broiler chickens may be associated with metabolic processes, high rate of growth, muscle gain, and higher than normal energy consumption to support these processes.

The work of many scientists is devoted to research in the field of intestinal microbiology of animals and poultry. It was found that the adding of aerobic bacteria (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*) to the digestive tract of animals and poultry enhances the phagocytic activity of leukocytes in blood. Bacteria of this type induce formation of endogenous interferon [8].

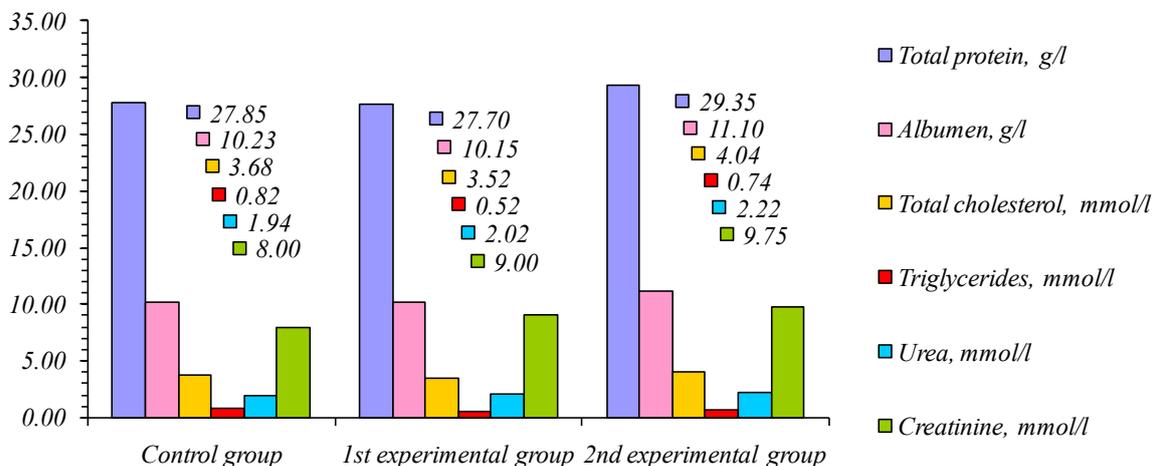


Fig. 2. Results of biochemical analysis of blood samples of broiler chickens at the end of experiment time frame

The bacterial formulation “Vetom”, containing *Bacillus subtilis* bacteria, has an antibiotic effect on bird's body whenever bacterial infections occur, as well as an immunoregulatory effect in cases of viral diseases. The bacterial strain, based on which the formulation was developed, has high efficiency and capability to produce

interferon, as it carries the gene for human leukocyte interferon. This cytokine is one of the key factors in the nonspecific resistance of the body in viral diseases. Thus, further research in this area has an important significance and prospects for further development.

References

1. Samigulina S. I. Farmakologicheskie aspekty primeneniya veterinarnykh immunostimuliruyushchikh preparatov [Pharmacological aspects of the use of veterinary immunostimulating formulations] // Youth and science. 2019. No. 2. Article number. 35. (In Russian.)
2. Glaskovich M. A., Marshchuk Yu. V. Ekologicheskaya bezopasnost' proizvodstva produktsii sel'skogo khozyaystva pri vvedenii v ratsion immunostimuliruyushchego probiotikosoderzhashchego kompleksa biologicheskii aktivnykh veshchestv [Environmental safety of producing agricultural food products after introduction an immunostimulating probiotic-containing complex of biologically active substances into the diet] // Materialy Nauchno-prakticheskoy konferentsii KF RGAU-MSKhA imeni K. A. Timiryazeva. Kaluga, 2018. Pp. 26–29. (In Russian.)
3. Koshchayev A. G., Shchukina I. V., Garkovenko A. V., Ilnitskaya E. V., Radchenko V. V., Bakharev A. A., Khrabrova L. A. Allelic variation of marker genes of hereditary diseases and economically important traits in dairy breeding cattle population // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. No. 10 (6). Pp. 1566–1572.
4. Antipov A. A., Fisinin V. I., Egorov I. A. Effektivnost' primeneniya probiotika OLIN pri vyrashchivaniy tsyplyat-broylerov Efficiency of using OLIN probiotic in rearing of chicken-broilers // Zootekhnika. 2011. No. 1. Pp. 18–20. (In Russian.)
5. Natsional'nyy reestr pravovykh aktov Respubliki Belarus' [National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus]. 2021. No. 29, 5/33370. (In Russian.)
6. Shchepetkina S. V., Rishko O. A. Tekhnologiya vvoda probiotikov v tekhnologicheskii tsikl ptitsevodcheskikh predpriyatiy [Procedure for introducing probiotics into the technological cycle of poultry enterprises] // Aktualnye voprosy sel'skokochoyaystvennoy biologii. 2017. No. 4 (6). Pp. 49–57. (In Russian.)
7. Duktov A. P., Krasko P. A., Sadomov N. A., Bakharev A. A. et al. Ispol'zovanie immunomodulyatorov v broylernom ptitsevodstve: monografiya [The use of immunomodulators in broiler poultry farming: monograph]. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2021. 354 p. (In Russian.)
8. Shchepetkina S. V., Rishko O. A. Tselesoobraznost' primeneniya probiotikov u raznykh vidov zhivotnykh [Rationale for using probiotics in different species of animals] // Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2017. No. 4 (16). Pp. 2003–2012. (In Russian.)
9. Zakharov K. V., Ufimtsev N. A., Koninskiy V. S. Vozmozhnost' ispol'zovaniya bakteriy roda Bacillus dlya proizvodstva dezinfektantov [The possibility of using Bacillus type bacteria for production of disinfectants] // Izvestiya Rossiiskoi voenno-medicheskoy akademii. 2018. Vol. 37. No. 1. S1-1. Pp. 226–228. (In Russian.)
10. Rimareva L. V., Volkova G. S., Kuksova E. V., Krivova A. Yu. Aspekty sozdaniya konsortsiума mikroorganizmov, obladayushchego osobennostyami probiotika, dlya korrektsii disbioticheskikh narusheniy [Aspects of creating a consortium of microorganisms with probiotic features, for the therapy of dysbiotic disorders] // Storage and processing of farm products. 2017. No. 1. Pp. 39–44. (In Russian.)
11. Ignachenko V. E., Gordeeva A. K. Vliyaniye probiotika Laktobifadola na produktivnyye pokazateli broylerov v OOO “Sayanskiy broiler” [The influence of Lactobifadol probiotic on productive indicators of broilers at Sayan Broiler LLC] // Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh. Molodezhnyy, 2020. Pp. 206–213. (In Russian.)
12. Glaskovich S. A., Krasochko P. P. Vliyaniye probiotika “bifidoflorin zhidkiy” na kishechnyy biotsenoz i produktivnost' tsyplyat-broylerov krossa SOVV-500 [Influencing of "liquid bifidofloran" probiotic upon intestinal biocenosis and productivity of SOVV-500 breed broiler chickens] // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva, materialy KhVI Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu kafedry razvedeniya i genetiki sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh UO “BGSKhA” Gorky, 2013. Pp. 37–40. (In Russian.)
13. Nikolaenko E. I., Lukina D. V., Glebova I. V. Primeneniye probiotikov v kormlenii tsyplyat-broylerov [The use of probiotics in the feeding of broiler chickens] // Molodezhnaya nauka – garant innovatsionnogo razvitiya APK, materialy X Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. Kursk, 2019. Pp. 123–127. (In Russian.)
14. Aleksandrova S., Simonov O. et al. Silver in the meat and organs of broiler chickens in case of using colloidal silver as an alternative to antibiotics // BioMetals. 2018. No. 31 (6). Pp. 975–980. DOI: 10.1007/s10534-018-0141-3.

15. Kannan G. Elevated plasma corticosterone concentrations influence the onset of rigor mortis and meat color in broilers // Poultry Science. 2018. Vol. 77. Pp. 322–326. DOI: 10.1093/ps/77.2.322.
16. Aleksandrova S. S., Bakharev A. A., Simonov O. A., Renev E. P. et al. Kharakteristika produktivnykh i gematologicheskikh pokazateley tsyplyat-broylerov pri ispol'zovanii v ikh vyrashchivanii raznykh antimikrobnnykh veshchestv [Distinguishing characteristic features of productive and hematological indicators of broiler chickens when using various antimicrobial substances during their rearing] // Feeding of Agricultural Animals and Feed Production. 2020. No. 5. Pp. 25–44. DOI: 10.33920/sel-05-2005-04. (In Russian.)
17. Babin G. Yu., Polunochkina T. V., Dorofeeva S. G., Aleksandrova S. S., Miftakhutdinov A. V. Sokhranenie proizvodstvennykh pokazateley u tsyplyat-broylerov v usloviyakh teplovogo stressa [Preserving performance indicators in broiler chickens under conditions of thermal stress] // Agrarian science. 2022. No. 1. Pp. 19–23. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-355-1-19-23. (In Russian.)
18. Rafikova E. R., Nozdrin G. A. Vliyanie preparata “Vetom” na osnove Duddingtonia flagrans na intensivnost' rosta tsyplyat-broylerov [Influence of “Vetom” formulation based on Duddingtonia flagrans on growth intensity of broiler chickens] // Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki: Sbornik IV natsional'noy (vsrossiyskoy) nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem Novosibirsk. 2018. Pp. 444–446. DOI: 10.31677/2072-6724-2018-48-3-92-102. (In Russian.)
19. Shul'ga N. N., Shul'ga I. S., Plavshak L. P., Dikunina S. S. Al'ternativnaya antibiotikam terapiya zabolevaniy zhivotnykh preparatom “Vetom 1.1” [Alternative antibiotic therapy of animal diseases with “Vetom 1.1” formulation] // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2020. No. 58-3. Pp. 46–50. DOI: 10.18411/lj-02-2020-47. (In Russian.)

Authors' information:

Svetlana S. Aleksandrova¹, candidate of agricultural sciences, researcher, ORCID 0000-0002-6436-4124, AuthorID 759266; +7 919 947-83-94, aleksandrova977@mail.ru

Aleksey A. Bakharev², doctor of agricultural sciences, professor of the department of production technology and processing of livestock products, ORCID 0000-0002-0604-4157, AuthorID 270467; salers@mail.ru

Aleksandr P. Duktov³, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of veterinary hygiene, ecology and microbiology, ORCID 0000-0002-8910-7669; (+375) 29 747-28-00, duktov@mail.ru

Nikolay A. Sadomov³, doctor of agricultural sciences, professor, head of department of veterinary hygiene, ecology and microbiology, ORCID 0000-0001-6528-3505; (+375) 29 398-83-60, sadomovnikolai@mail.ru

¹ Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – a branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Moskovskiy, Russia

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

³ Belarussian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

Микробиоценоз кишечника и переваримость кормов у цыплят бройлеров при использовании пробиотиков

С. С. Александрова¹✉, А. А. Бахарев², А. П. Дуктов³, Н. А. Садовов³

¹ НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ Сибирского отделения Российской академии наук, Московский, Россия

² Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

³ Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь

✉ E-mail: aleksandrova977@mail.ru

Аннотация. Целью исследований являлось изучение микробиоценоза кишечника у цыплят-бройлеров. Лабораторный опыт был проведен в НИИСХ Северного Зауралья – филиале ТюмНЦ СО РАН. **Методы.** Использовались цыплята кросса Кобб 500. Основной период опыта начался в возрасте птицы 14 дней. К этому времени цыплята достигли средней живой массы 365 г. Контрольная группа цыплят потребляла основной рацион, состоящий из полнорационного комбикорма и чистой воды. Цыплята 1-й опытной группы в основном периоде опыта получали пробиотическую добавку «Ветом 2» в питьевой воде по 50 мг / 1 кг массы цыпленка, цыплята 2-й опытной группы – «Лактобифадол» в корм по 0,2 г на 1 кг массы птицы. **Результаты исследований** показали, что в микробиоценозе помета цыплят-бройлеров до выпойки пробиотических препаратов патогенной микрофлоры не наблюдалось. Присутствовали условно-патогенные

бактерии *Proteus mirabilis*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, стафилококк золотистый. *Bacillus* spp. присутствовали во всех пробах. После выпойки препаратов, в помете цыплят подопытных групп патогенной микрофлоры не выявлено. Присутствовали условно-патогенные бактерии *Proteus mirabilis* в помете цыплят контрольной группы, 1-й опытной группы, 2-й опытной группы. Содержание бифидобактерий и лактобактерий в помете цыплят, получавших подкормку препаратом «Лактобифадол», было значительно больше, чем в остальных группах. *Bacillus* spp. присутствовали во всех пробах 1-й опытной группы, получавшей «Ветом 2», а также в помете цыплят остальных групп. **Научная новизна.** Лабораторный опыт на цыплятах-бройлерах по изучению микробиоценоза кишечника и влияния его на переваримость комбикормов был впервые проведен в условиях Северного Зауралья.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, Ветом, Лактобифадол, микробиоценоз кишечника, коэффициенты переваримости.

Для цитирования: Александрова С. С., Бахарев А. А., Дуктов А. П., Садовомов Н. А. Микробиоценоз кишечника и переваримость кормов у цыплят бройлеров при использовании пробиотиков // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 53–61. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-53-61.

Дата поступления статьи: 10.10.2022, **дата рецензирования:** 03.11.2022, **дата принятия:** 18.11.2022.

Влияние кормовой добавки на микроморфометрию и микробиом кишечника бройлеров

Н. О. Дмитриев¹✉, В. В. Салаутин¹, С. Е. Салаутина¹

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

✉ E-mail: kit_dmitriev@mail.ru

Аннотация. Птицеводство вносит значительный вклад в экономику страны, в стабильность продовольственного рынка и обеспечивает продовольственную безопасность. Увеличение темпов производства продукции птицеводства напрямую зависит от кормления и содержания птицы. Многие отечественные производители предлагают большое количество различных кормовых добавок, обладающих улучшенной кормовой конверсией. Вместе с тем некоторые добавки провоцирует обострение реакций на стресс-факторы и снижение иммунитета у птицы. Поэтому одна из основных задач в развитии птицеводства – использование кормовых добавок, обладающих наименьшим негативным воздействием на организм, повышающих сохранность поголовья и обеспечивающих максимальную продуктивность. Одной из таких является кормовая добавка на основе гуминовых кислот. **Научная новизна** заключается в получении новых данных по микроморфометрическим показателям и микробиоценозу кишечника бройлеров при применении кормовой добавки Reasil® Humic Health. **Цель работы** – определение влияния кормовой добавки на основе гуминовых кислот на микроморфометрические показатели и микробиом органов пищеварительного канала. **Материалы и методы.** Производственный опыт проведен на птицефабрике ООО «Время-91». По принципу аналогов было сформировано 2 группы: контрольная и опытная из бройлеров кросса Cobb 500 по 18 000 голов в каждой. **Результаты.** Анализ полученных результатов показал, что у бройлеров опытной группы в сравнении с птицей интактной группы произошло увеличение толщины слизистой оболочки и подслизистой основы в железистом желудке на 319 и 378 мкм, а в мышечном – слизистой и мышечной оболочек на 844 и 481 мкм соответственно. В тонкой кишке наблюдали увеличение размера ворсинок на 702 мкм и их количества. Толщина слизистой оболочки в толстой кишке была больше на 733 мкм. При применении кормовой добавки количество условно-патогенной микрофлоры не выходило за границы нормы, тогда как количество лактобактерий увеличилось на 10³ КОЕ/г.

Ключевые слова: кормовая добавка, гуминовые кислоты, бройлеры, птица, пищеварительный канал, микроморфометрия, микробиом.

Для цитирования: Дмитриев Н. О., Салаутин В. В., Салаутина С. Е. Влияние кормовой добавки на микроморфометрию и микробиом кишечника бройлеров // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 62–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-62-70.

Дата поступления статьи: 16.11.2022, **дата рецензирования:** 19.12.2022, **дата принятия:** 16.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время в России одной из приоритетных задач в сельском хозяйстве является интенсивное развитие птицеводства, что связано с необходимостью решения вопросов импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности. Благодаря содержанию животного белка, а также высокому и быстрому потенциалу развития разведение птицы имеет высокие шансы стать самой значительной отраслью на ближайшие несколько лет, что внесет огромный вклад в продовольственную базу страны. Чтобы добиться наибольших успехов,

птицефабрики работают с кроссами высокой продуктивности. Такое поголовье благодаря генетическому потенциалу развития способно за короткое время достигать максимальных показателей приростов и выхода продукции. Такой подход влияет на содержание и кормление птицы, что приводит к воздействию на них таких зоогигиенических факторов, как технологии содержания, микроклимат помещений, рацион и состав кормления. Составлению рациона специалисты уделяют наибольшее внимание, т. к. благодаря энергетической и пищевой ценности достигается быстрое увеличение

массы птицы. Неправильные условия содержания ведут к появлению заболеваний и стрессов, негативно сказывающиеся на состоянии организма бройлеров. [5, с. 42; 15, с. 103]. Современные кроссы птицы подвержены различным стрессам из-за сокращения сроков выращивания, что, в свою очередь, влияет на недостаточно сформировавшуюся иммунную систему и делает их высокочувствительными к заболеваниям различной этиологии. Стресс является основополагающим фактором появления кишечных заболеваний, что сказывается на увеличении смертности. В большинстве случаев причиной гибели бройлеров являются желудочно-кишечные заболевания, что связано с условиями кормления и выращивания птицы и изменениями состава кишечной микрофлоры [3, с. 217; 10, с. 68]. Нормальная микрофлора желудочно-кишечного тракта играет решающую роль в защите от патогенных микроорганизмов, стимулируя иммунную систему и участвуя в метаболических реакциях. Пищеварительный канал является конкурентной средой для условно-патогенной микрофлоры, которая подавляется путем связывания с поверхностными рецепторами клеток, особенно эпителиальных. В состав нормальной микрофлоры кишечника входит около сотни непатогенных бактерий и небольшое количество условно-патогенных организмов. Микробиом кишечника варьирует на всем его протяжении. Основная концентрация микрофлоры наблюдается в толстой кишке. Главными ее обитателями являются анаэробные микроорганизмы – бифидобактерии, а сопутствуют им лактобациллы, кишечная палочка, энтерококки. Благодаря выработке органических жирных кислот бифидобактерии подавляют активность патогенной микрофлоры, синтезируют витамины, аминокислоты и белки и участвуют во всасывании ионов железа и кальция через стенку кишечника. Лактобациллы являются основными представителями кишечного микробиоценоза. Они обеспечивают превращение лактозы в молочную кислоту, которая предотвращает рост патогенных бактерий. Лактобациллы оказывают антагонистическое действие на стафилококки, кишечную палочку и протей. Лактобактерии влияют на метаболические процессы организма, повышая их неспецифическую резистентность [11, с. 43; 14, с. 234]. На этом фоне практика использования кормовых антибиотиков остается распространенной, тогда как многие страны запретили их применение. Таким образом, производители ищут альтернативы для обеспечения человека экологически чистой мясной продукцией. Актуальной проблемой, связанной с применением антибиотиков, является появление устойчивых к антибиотикам штаммов бактерий, которые увеличивают заболеваемость животных дисбактериозом, поэтому со снижением эффективности антибиотиков лечение у таких животных стало

затруднительным. [4, с. 27]. Взамен запрещенным для скармливания кормовым антибиотикам производители кормов предлагают большой спектр различных кормовых добавок, действие которых на организм (на макро- и микроморфологическом уровне) до настоящего времени или изучено не в полной мере, или по ним приводятся разноречивые данные. Так, некоторые авторы утверждают о негативных последствиях применения кормовых добавок с высоким содержанием питательных веществ. Напряженное функционирование пищеварительного канала может привести к заболеванию органов пищеварения, что одновременно может стать причиной нарушения микробиома кишечника [7, с. 999; 8, с. 124]. В связи с этим многие исследователи проводят изыскания в поиске кормовых добавок, обладающих наименьшим негативным воздействием на организм птицы, повышающих сохранность поголовья и обеспечивающих наиболее максимальную продуктивность [12, с. 133; 13]. Одной из таких является кормовая добавка на основе гуминовых кислот Reasil® Humic Health. Гуминовые кислоты вместе с фульвовою кислотой образуют биодоступный комплекс для оздоровления живых организмов. Ценность его обусловлена наличием в составе более 20 аминокислот, 70 различных компонентов из минералов, природных полисахаридов, витаминов, жирных кислот, стероидов, гормонов, природных антиоксидантов, растительных пигментов. В составе данного комплекса обнаружены нестероидные фитоэстрагены натурального происхождения – изофлавоноиды, а также обладающие свойствами антибиотиков хиноны и прочие полезные компоненты. Такая концентрация биологически активных веществ обуславливает многообразие положительного влияния гуминовых кислот на живые организмы. Исследованиями отечественных и зарубежных ученых не выявлены у препаратов на основе гуминовых кислот анафилактические, тератогенные, канцерогенные, эмбриотоксические и аллергенные свойства [1, с. 4; 2, с. 48]. Поэтому препараты на их основе относят к числу безвредных для человека и животных, что является преимуществом по сравнению с классическими лекарственными средствами. Это позволяет создавать на их основе экологически чистые натуральные кормовые добавки и ветеринарные препараты для птиц, сельскохозяйственных и домашних животных, рыб. Лечебные и профилактические свойства гуминовых кислот заключаются в способности обволакивать слизистую оболочку кишечника животных и уменьшать или полностью предотвращать впитывание токсических продуктов обмена после инфекции, а также при скармливании недоброкачественных кормов. При длительном оральном применении не выявлены никакие побочные воздействия, аллергии или явления резистентности. Гуминовые кислоты вследствие сво-

его химического строения не являются ни тератогенными, ни мутагенными, ни канцерогенными. Также они не имеют эмбриотоксических свойств. Гумины, содержащиеся в торфе, стимулируют жизнедеятельность микрофлоры кишечника, повышают коэффициент использования питательных компонентов кормов, ускоряют рост и развитие организма, активизируют обмен веществ, углеводный и белковый метаболизм, повышают естественную резистентность организма, нормализуют кислотный баланс в организме. Они также обладают способностью прикрепляться к эпителию слизистой желудка и кишечника и образовывать пленку, которая является основной предпосылкой их защитного и подавляющего воспаления действия. Гуминовые кислоты в отличие от общеизвестных адсорбентов (активированный уголь или определенные силикаты и минералы глины), которые лежат на слизистой, как компактные конгломераты, имеют способность проскальзывать между ворсинками эпителия кишечника и даже проникать между клетками эпителия. Они защищают эти чувствительные ткани, которые, например, при вирусной инфекции могут легко подвергаться некрозу. Между возбудителями инфекции, их токсинами и эпителием слизистой лежит пленка из тончайших частиц гуминовой кислоты, защищающая воспаленную ткань эпителия и комплекс лимфатических желез. Если ворсинки кишечника уже разрушены, гуминовые кислоты проникают в субэпителиальную ткань и способствуют их восстановлению [6, с. 10; 9, с. 6114]. Целью нашего исследования являлось определение влияния кормовой добавки Reasil® Numic Health на основе гуминовых кислот на микроморфометрические показатели органов пищеварительного канала и изучение микробиома кишечника бройлеров.

Методология и методы исследования (Methods)

Производственный опыт проводили на птицефабрике ООО «Время-91». Для эксперимента по принципу аналогов было сформировано 2 группы: контрольная и опытная из бройлеров кросса Cobb 500 по 18 000 голов в каждой. Бройлеры контрольной группы получали основной рацион из пшеницы, кукурузы, сои и концентрата. Птица опытной группы вместе с основным рационом получала кормовую добавку Reasil® Numic Health в дозе 2 г/кг корма. Доступ к корму и воде был постоянный. Исследование микроморфометрических показателей проводили в морфологической лаборатории кафедры «Морфология, патология животных и биология» Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, а микробиома – на базе Саратовской межобластной ветеринарной лаборатории.

Результаты (Results)

Результаты микроморфометрических исследований на 1-й день опыта показали, что как в опыт-

ной, так и в интактной группах бройлеров толщина слизистой оболочки железистого желудка составляла $386,1 \pm 0,3$ мкм. К 13-му дню опыта данный показатель достиг $1104,3 \pm 1,0$ мкм. На 19-й день исследования толщина слизистой оболочки составляла $1353,0 \pm 1,0$ мкм, что больше в сравнении с птицей контрольной группы на 319 мкм. На всем протяжении опыта толщина слизистой оболочки у подопытных бройлеров превосходила таковую у интактных.

У бройлеров опытной и контрольной групп подслизистая основа железистого желудка в 1-й день опыта составляла $2136,4 \pm 2,1$ мкм. К 19-му дню данный показатель у птицы опытной группы увеличился на 1792 мкм, в то время как у бройлеров интактной группы – лишь на 1414 мкм.

На протяжении всего опыта толщина мышечной оболочки увеличивалась у бройлеров обеих групп, и на 19-й день она составляла $1159,2 \pm 2,2$ мкм в опытной группе, что на 27,6 % больше, чем в контрольной. Серозная оболочка у подопытной птицы на 1,1 мкм была больше по сравнению с интактной (таблица 1).

На 19-й день опыта толщина слизистой оболочки мышечного желудка у подопытной птицы составляла $1674,0 \pm 0,8$ мкм, что на 844 мкм больше, чем у интактной. По сравнению с 1-м днем исследования толщина оболочки увеличилась на 1184 мкм в опытной группе и лишь на 340 мкм в контрольной.

Показатель толщины подслизистой основы увеличивался на всем протяжении опыта и на 19-й день составил $284,1 \pm 1,6$ мкм у бройлеров опытной группы, что на 13,3 % больше в сравнении с интактной.

Мышечная оболочка у подопытных бройлеров на 19-й день опыта имела наибольшую толщину по сравнению с другими оболочками мышечного желудка и составляла $3895,0 \pm 3,5$ мкм, что превышало данный показатель у интактных на 481 мкм. По сравнению с 1-м днем опыта толщина оболочки в опытной группе увеличилась в 2,2 раза, тогда как в контрольной – в 1,8 раза. Толщина серозной оболочки у подопытной птицы незначительно превосходила таковой показатель у интактной (таблица 2).

Из данных таблицы 3 видно, что с 1-го дня опыта толщина слизистой оболочки тонкой кишки увеличивалась и достигла наибольших показателей у бройлеров опытной группы. В то же время наименьший показатель был в контрольной группе и составлял $1680,0 \pm 1,7$ мкм, что на 1780 мкм меньше по сравнению с опытной.

Размер ворсинок у интактных бройлеров составил $1352,0 \pm 0,16$ мкм, тогда как в опытной группе аналогичный показатель равнялся $2054,0 \pm 0,55$ мкм.

Таблица 1

Микроморфометрические показатели железистого желудка бройлеров, мкм ($M \pm m$)

Исследуемые оболочки	Группы	День опыта		
		1	13	19
Слизистая оболочка	Контрольная	386,1 ± 0,3	667,7 ± 0,5	1034,0 ± 0,9
	Опытная		1104,3 ± 1,0*	1353,0 ± 1,0*
Подслизистая основа	Контрольная	2136,4 ± 2,1	2220,0 ± 1,1	3550,4 ± 3,2
	Опытная		2945,4 ± 1,07*	3928,3 ± 1,01*
Мышечная оболочка	Контрольная	308,7 ± 0,3	629,0 ± 0,4	838,6 ± 0,5
	Опытная		738,0 ± 0,7*	1159,2 ± 2,2*
Серозная оболочка	Контрольная	4,8 ± 2,5	6,1 ± 0,7	8,3 ± 0,7
	Опытная		7,5 ± 0,4*	9,4 ± 0,54*

Примечание. * $P \leq 0,50$.

Table 1

Micromorphometric parameters of the glandular stomach of broilers, microns ($M \pm m$)

Investigated shells	Groups	Day of experience		
		1	13	19
The mucous membrane	Control	386.1 ± 0.3	667.7 ± 0.5	1034.0 ± 0.9
	Experienced		1104.3 ± 1.0*	1353.0 ± 1.0*
Submucosal base	Control	2136.4 ± 2.1	2220.0 ± 1.1	3550.4 ± 3.2
	Experienced		2945.4 ± 1.07*	3928.3 ± 1.01*
Muscle sheath	Control	308.7 ± 0.3	629.0 ± 0.4	838.6 ± 0.5
	Experienced		738.0 ± 0.7*	1159.2 ± 2.2*
Serous membrane	Control	4.8 ± 2.5	6.1 ± 0.7	8.3 ± 0.7
	Experienced		7.5 ± 0.4*	9.4 ± 0.54*

Note. * $P \leq 0.50$.

Таблица 2

Микроморфометрические показатели мышечного желудка бройлеров, мкм ($M \pm m$)

Исследуемые оболочки	Группы	День опыта		
		1	13	19
Слизистая оболочка	Контрольная	490,0 ± 1,8	642,0 ± 0,7	830,0 ± 0,6
	Опытная		1270,0 ± 0,4*	1674,0 ± 0,8*
Подслизистая основа	Контрольная	98,1 ± 0,5	210,1 ± 0,7	246,0 ± 0,3
	Опытная		218,5 ± 1,6*	284,1 ± 1,6*
Мышечная оболочка	Контрольная	1836,0 ± 0,44	3150,0 ± 1,3	3414,0 ± 1,2
	Опытная		3217,3 ± 0,9*	3895,0 ± 3,5*
Серозная оболочка	Контрольная	4,0 ± 1,0	5,0 ± 1,1	8,1 ± 0,4
	Опытная		6,6 ± 0,78*	8,5 ± 1,0*

Примечание. * $P \leq 0,50$.

Table 2

Micromorphometric parameters of the muscular stomach of broilers, microns ($M \pm m$)

Investigated shells	Groups	Day of experience		
		1	13	19
The mucous membrane	Control	490.0 ± 1.8	642.0 ± 0.7	830.0 ± 0.6
	Experienced		1270.0 ± 0.4*	1674.0 ± 0.8*
Submucosal base	Control	98.1 ± 0.5	210.1 ± 0.7	246.0 ± 0.3
	Experienced		218.5 ± 1.6*	284.1 ± 1.6*
Muscle sheath	Control	1836.0 ± 0.44	3150.0 ± 1.3	3414.0 ± 1.2
	Experienced		3217.3 ± 0.9*	3895.0 ± 3.5*
Serous membrane	Control	4.0 ± 1.0	5.0 ± 1.1	8.1 ± 0.4
	Experienced		6.6 ± 0.78*	8.5 ± 1.0*

Note. * $P \leq 0.50$.

Таблица 3
Микроморфометрические показатели тонкой кишки бройлеров, мкм ($M \pm m$)

Исследуемые оболочки	Группы	День опыта		
		1	13	19
Слизистая оболочка	Контрольная	1143,0 ± 2,8	1318,0 ± 1,6	1680,0 ± 1,7
	Опытная		2300,0 ± 3,2*	3460,2 ± 1,6*
Размер ворсинок	Контрольная	763,0 ± 0,1	895,4 ± 0,8	1352,0 ± 0,16
	Опытная		1720,0 ± 1,4*	2054,0 ± 0,55*
Мышечная оболочка	Контрольная	255,0 ± 0,4	375,1 ± 0,2	760,2 ± 0,6
	Опытная		400,0 ± 0,15*	1170,1 ± 0,4*
Серозная оболочка	Контрольная	5,0 ± 0,4	6,8 ± 0,4	8,0 ± 0,2
	Опытная		7,4 ± 0,51*	8,4 ± 0,6*

Примечание. * $P \leq 0,50$.

Table 3
Micromorphometric parameters of the small intestine of broilers, microns ($M \pm m$)

Investigated shells	Groups	Day of experience		
		1	13	19
The mucous membrane	Control	1143.0 ± 2.8	1318.0 ± 1.6	1680.0 ± 1.7
	Experienced		2300.0 ± 3.2*	3460.2 ± 1.6*
Villi size	Control	763.0 ± 0.1	895.4 ± 0.8	1352.0 ± 0.16
	Experienced		1720.0 ± 1.4*	2054.0 ± 0.55*
Muscle sheath	Control	255.0 ± 0.4	375.1 ± 0.2	760.2 ± 0.6
	Experienced		400.0 ± 0.15*	1170.1 ± 0.4*
Serous membrane	Control	5.0 ± 0.4	6.8 ± 0.4	8.0 ± 0.2
	Experienced		6.6 ± 0.78*	8.5 ± 1.0*

Note: * $P \leq 0.50$.

Таблица 4
Микроморфометрические показатели толстой кишки бройлеров, мкм ($M \pm m$)

Исследуемые оболочки	Группы	День опыта		
		1	13	19
Слизистая оболочка	Контрольная	475,6 ± 0,6	964,0 ± 1,7	1201,0 ± 2,0
	Опытная		980,1 ± 0,9*	1934,2 ± 1,1*
Мышечная оболочка	Контрольная	464,2 ± 0,1	615,3 ± 0,2	853,0 ± 1,0
	Опытная		810,0 ± 1,0*	1202,0 ± 0,2*
Серозная оболочка	Контрольная	2,3 ± 0,3	3,8 ± 0,8	5,4 ± 0,9
	Опытная		4,9 ± 0,6*	6,0 ± 1,0*

Примечание. * $P \leq 0,50$.

Table 4
Micromorphometric parameters of the large intestine of broilers, microns ($M \pm m$)

Investigated shells	Groups	Day of experience		
		1	13	19
The mucous membrane	Control	475.6 ± 0.6	964.0 ± 1.7	1201.0 ± 2.0
	Experienced		980.1 ± 0.9*	1934.2 ± 1.1*
Muscle sheath	Control	464.2 ± 0.1	615.3 ± 0.2	853.0 ± 1.0
	Experienced		810.0 ± 1.0*	1202.0 ± 0.2*
Serous membrane	Control	2.3 ± 0.3	3.8 ± 0.8	5.4 ± 0.9
	Experienced		4.9 ± 0.6*	6.0 ± 1.0*

Note. * $P \leq 0.50$.

Толщина мышечной оболочки у птицы контрольной группы составляла $760,2 \pm 0,6$, что меньше на 410 мкм, чем в опытной. По сравнению с 1-м днем опыта, толщина мышечной оболочки у интактной птицы увеличилась на 505 мкм, в то время как у подопытной – на 915 мкм.

Толщина серозной оболочки бройлеров с 1-го по 19-й день опыта увеличилась как в контрольной, так и опытной группах на $8,0 \pm 0,2$ и $8,4 \pm 0,6$ мкм

соответственно.

Данные таблицы 4 показывают, что на 1-й день опыта толщина слизистой оболочки толстой кишки составляла $475,6 \pm 0,6$ мкм. На 13-й день данный показатель равнялся $964,0 \pm 1,7$ мкм у бройлеров контрольной группы, тогда как в опытной он составлял $980,1 \pm 0,9$ мкм. На 19-й день исследования у интактной птицы толщина слизистой оболочки составляла $1201,0 \pm 2,0$ мкм, что на 733 мкм меньше, чем у подопытных бройлеров.

Динамика количественного и видового состава микрофлоры кишечника у подопытных и интактных бройлеров

Наименование микроорганизмов, КОЕ/г	День опыта						Норматив
	1		13		19		
	Контрольная	Опытная	Контрольная	Опытная	Контрольная	Опытная	
Кишечная палочка	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁵
Энтерококки	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁵ × 10 ⁷
Клостридии	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁴ × 10 ⁵				
Лактобактерии	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁸	10 ⁶ × 10 ⁷
Стафилококки	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ³	10 ⁴	10 ³	10 ³ × 10 ⁴
Сальмонеллы	–	–	–	–	–	–	Не допускается

Table 5

Dynamics of quantitative and specific composition of intestinal microflora in experimental and intact broilers

Name of microorganisms, CFU/g	Day of experience						Standard
	1		13		19		
	Control	Experimental	Control	Experimental	Control	Experimental	
<i>E. coli</i>	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁵
<i>Enterococci</i>	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁵ × 10 ⁷
<i>Clostridia</i>	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁴ × 10 ⁵
<i>Lactobacillus</i>	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁸	10 ⁶ × 10 ⁷
<i>Staphylococci</i>	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ³	10 ⁴	10 ³	10 ³ × 10 ⁴
<i>Salmonella</i>	–	–	–	–	–	–	Not allowed

На 19-й день опыта наименьший показатель толщины мышечной оболочки птиц отмечали в контрольной группе – 853,0 ± 1,0 мкм. Следует отметить, что по сравнению с 1-м днем исследования произошло утолщение оболочки на 389 мкм. В то же время толщина мышечной оболочки у бройлеров опытной группы на 19-й день опыта составляла 1202,0 ± 0,2 мкм, что на 738 мкм больше, чем в 1-й день опыта. Серозная оболочка с 2,3 ± 0,3 мкм в 1-й день опыта как в контрольной, так и в опытной группах увеличилась к 19-му дню исследования до 5,4 ± 0,9 и 6,0 ± 1,0 мкм соответственно.

Результаты исследований, представленные в таблице 5, показывают, что на 1-й день опыта показатели микробиома кишечника соответствовали нормативному показателю: кишечная палочка – 10⁵ КОЕ/г, энтерококки – 10⁵ КОЕ/г, клостридии – 10⁵ КОЕ/г, лактобактерии – 10⁵ КОЕ/г, стафилококки – 10⁴ КОЕ/г. На всем протяжении эксперимента сальмонеллы выявлены не были.

За период опыта количество кишечной палочки не выходило за верхние границы нормы и составляло 10⁵ КОЕ/г у интактных бройлеров. В то же время у подопытной птицы с 13-го дня и до окончания опыта данный показатель составлял 10⁴ КОЕ/г. Количество энтерококков у бройлеров обеих групп до 13-го дня исследования находилось на уровне 10⁵ КОЕ/г. Необходимо отметить, что к 19-му дню опыта в контрольной группе произошло увеличе-

ние количества энтерококков до 10⁶ КОЕ/г, но оно не выходило за верхние границы норматива.

Клостридии выделяли из содержимого кишечника на всем протяжении эксперимента – 10⁵ КОЕ/г у интактных бройлеров. В то же время у подопытной птицы к 19-му дню исследования данный показатель составлял 10⁴ КОЕ/г.

У бройлеров опытной группы с 1-го по 19-й день опыта отмечено закономерное увеличение количества лактобактерий – с 10⁵ до 10⁸ КОЕ/г. У птицы контрольной группы количество лактобактерий осталось на прежнем уровне.

Стафилококки выявляли в содержимом кишечника у бройлеров обеих групп на протяжении всего исследования, но их уровень не превышал 10⁴ КОЕ/г в интактной и 10³ КОЕ/г в опытной группах.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Использование кормовой добавки Reasil® Hunic Health в расчете 2г/кг корма оказывает благоприятное влияние на микроморфометрические показатели органов пищеварительного канала бройлеров (опытная группа). Так, толщина слизистой оболочки и подслизистой основы железистого желудка у птицы опытной группы превышала аналогичные показатели интактной птицы на 319 и 378 мкм соответственно. Толщина мышечной оболочки мышечного желудка бройлеров опытной группы на 481 мкм была больше, чем у птицы контрольной группы. У подопытных бройлеров в тонкой кишке

наблюдали увеличение количества и высоты ворсинок и крипт, а в толстой – крипт и бокаловидных экзокриноцитов в слизистой оболочке. Увеличение количества и высоты ворсинок и крипт, толщины мышечной оболочки свидетельствует об увеличении в кишечнике всасывательной поверхности и усилении перистальтики, влияющих на интенсивность развития, рост и продуктивность птицы.

Кроме того, кормовая добавка Reasil® Humic Health за счет снижения pH среды (до 4–5) способ-

ствует развитию молочнокислых бактерий (лактобактерий) и сдерживанию процесса размножения условно-патогенной микрофлоры. Следует отметить, что на протяжении всего опыта количество условно-патогенной микрофлоры в кишечнике бройлеров не выходило за границы допустимого норматива. В то же время количество лактобактерий с 13-го дня и до конца эксперимента увеличилось с 10^5 до 10^8 КОЕ/г.

Библиографический список

1. Васильев А. А., Коробов А. П., Москаленко С. П., Сивохина Л. А., Кузнецов М. Ю. Значение, теория и практика использования гуминовых кислот в животноводстве // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 3–6.
2. Василенко И. О., Москаленко С. П. Эффективность использования жидкой кормовой добавки Reasil® Humic Vet в яичном птицеводстве // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 48–52.
3. Дубровин А. В., Лаптев Г. Ю., Дмитриева М. Е. Влияние кормовых добавок различных групп на микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров в различных производственных условиях // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии: сборник тезисов XVIII Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной памяти академика РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева. Москва, 2018. С. 216–218.
4. Данилова К. А. Становление кишечного микробиоценоза у цыплят-бройлеров при использовании пробиотика «Проваген» и пребиотика «Лактусан» // Аграрный научный журнал. 2019. № 2. С. 26–29.
5. Дмитриев Н. О. Перспективы использования кормовых добавок на основе гуминовых кислот цыплятам-бройлерам // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий: материалы Международной научно-практической конференции. Саратов, 2019. С. 42–45.
6. Дмитриев Н. О., Козлов С. В., Салаутин В. В., Васильев А. А. Влияние кормовой добавки Reasil® Humic Health на скорость элиминации антибактериального препарата «Флорфеникол» из организма цыплят-бройлеров // Основы и перспективы органических биотехнологий. 2020. № 1. С. 9–14.
7. Khabirov A., Avzalov R., Tsalalova G., Andreeva A., Basharov A. Effect of a probiotic containing lactobacilli and bifidobacteria on the metabolic processes, litter microbiocenosis, and production indicators of broiler Pekin ducklings // Veterinary World. 2022. No. 15 (4). Pp. 998–1005. DOI: 10.14202/vetworld.2022.998-1005.
8. Кошцаев И. А., Мезинова К. В., Сорокина Н. Н. Изучение корреляции между основными зоотехническими показателями и параметрами используемых в кормах пробиотических культур // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 4 (18). С. 123–130.
9. Korsakov K. V., Vasiliev A. A., Kozlov S. V., Salautin V. V., Moskalenko S. P., Sivokhina L. A., Kuznetsov M. Yu., Dmitriev N. O. The Effect of The Reasil® Humic Health feed Additive on the rate of Antibacterial drugs removal from the Organisms of broiler Chickens // Research Journal of Pharmacy and Technology. 2020. No. 13 (12). Pp. 6113–6119.
10. Орлова Т. Н. Влияние пробиотика на микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров // Евразийский союз ученых. 2020. № 10-2 (79). С. 68–70.
11. Романова Е. В., Красочко П. П., Петров В. В. Влияние антимикробного препарата «Мультиомицин 1 %» на микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2018. Т. 54. № 1. С. 42–46.
12. Симакова И. В., Васильев А. А., Корсаков К. В., Лифанова С. П., Гуляева Л. Ю. Гуминовые кислоты как биогенный стимулятор мясной продуктивности цыплят-бройлеров // Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры «Технологии продуктов питания», 100-летию факультета ветеринарной медицины пищевых и биотехнологий. Саратов, 2018. С. 132–137.
13. Simakova I. V., Vasiliev A. A., Korsakov K. V., Sivokhina L. A., Salautin V. V., Gulyaeva L. Y. Role of Humic Substances in Formation of Safety and Quality of Poultry Meat [e-resource] // Humic Substances. 2021. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/75648> (date of reference: 25.09.2022).
14. Терентьева Е. Ю., Салаутин В. В., Терентьев А. А. Влияние препарата «Версал Ликвид» на морфометрические показатели кишечника цыплят-бройлеров // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 39–41.
15. Трушкин В. А., Ковалев С. П., Никитина А. А., Вотинцева А. П. Влияние препарата «Витол-86» на прирост массы тела перепелов // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ. Санкт-Петербург, 2018. С. 103–104.

Об авторах:

Никита Олегович Дмитриев¹, ассистент кафедры «Морфология, патология животных и биология», ORCID 0000-0003-0581-0945, AuthorID 1091128; +7 937 965-63-22, kit_dmitriev@mail.ru

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

Светлана Евгеньевна Салаутина, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Болезни животных и ВСЭ», ORCID 0000-0001-6125-167X, AuthorID 427954; +7 960 354-45-33, sse36@mail.ru

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

The effect of feed additives on the micromorphometry and microbiome of the intestine of broilers

N. O. Dmitriev¹✉, V. V. Salautin¹, S. E. Salautina¹

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

✉ E-mail: kit_dmitriev@mail.ru

Abstract. Poultry farming makes a significant contribution to the country's economy, to the stability of the food market and ensures food security. The increase in the rate of poultry production directly depends on the feeding and maintenance of poultry. Various domestic manufacturers offer a large number of different feed additives with improved feed conversion. At the same time, some additives provoke an exacerbation of reactions to stress factors and a decrease in immunity in poultry. Therefore, one of the main tasks in the development of poultry farming is the use of feed additives with the least negative impact on the body, increasing the safety of livestock and ensuring maximum productivity. One of these is a feed additive based on humic acids. **The scientific novelty** lies in obtaining new data on micromorphometric indicators and microbiocenosis of the intestines of broilers when using the Reasil® Humic Health feed additive. **The aim of the work** was to determine the effect of a feed additive based on humic acids on micromorphometric parameters and microbiome of the digestive canal organs. **Materials and methods.** The production experience was carried out at the poultry farm of "Vremya-91". According to the principle of analogues, 2 groups were formed: a control and an experienced one of Cobb 500 cross broilers with 18,000 heads each. **Results.** The analysis of the results showed that in the broilers of the experimental group, in comparison with the intact one, there was an increase in the thickness of the mucous membrane and submucosal base in the glandular stomach by 319 and 378 microns, and in the muscular one - the mucous and muscular membranes by 844 and 481 microns, respectively. In the small intestine, an increase in the size of villi by 702 microns and their number was observed. The thickness of the mucous membrane in the colon was greater by 733 microns. When using a feed additive, the amount of conditionally pathogenic microflora did not exceed the norm, while the number of lactobacilli increased by 10³ CFU/g.

Keywords: feed additive, humic acids, broiler chickens, digestive canal, micromorphometry, microbiome.

For citation: Dmitriev N. O., Salautin V. V., Salautina S. E. Vliyanie kormovoy dobavki na mikromorfometriyu i mikrobiom kishhechnika broylerov [The effect of feed additives on the micromorphometry and microbiome of the intestine of broilers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 62–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-62-70. (In Russian.)

Date of paper submission: 16.11.2022, **date of review:** 19.12.2022, **date of acceptance:** 16.01.2023.

References

1. Vasil'ev A. A., Korobov A. P., Moskalenko S. P., Sivokhina L. A., Kuznetsov M. Yu. Znachenie, teoriya i praktika ispol'zovaniya guminovykh kislot v zhivotnovodstve [Significance, theory and practice of the use of humic acids in animal husbandry] // The Agrarian Scientific Journal. 2018. No. 1. Pp. 3–6. (In Russian.)
2. Vasilenko I. O., Moskalenko S. P. Effektivnost' ispol'zovaniya zhidkoy kormovoy dobavki Reasil® Humic Vet v yaichnom ptitsevodstve [The effectiveness of the use of the liquid feed additive "Reasil® Humic Vet" in egg poultry farming] // The Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 3. Pp. 48–52. (In Russian.)
3. Dubrovin A. V., Laptev G. Yu., Dmitrieva M. E. Vliyanie kormovykh dobavok razlichnykh grupp na mikrobiotsenoz kishhechnika tsyplyat-broylerov v razlichnykh proizvodstvennykh usloviyakh [The effect of feed additives of various groups on the intestinal microbiocenosis of broiler chickens in various production conditions] // Biotekh-

nologiya v rastenievodstve, zhivotnovodstve i veterinarii: sbornik tezisev XVIII Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchennykh, posvyashchennoy pamyati akademika RASKhN Georgiya Sergeevicha Muromtseva. Moscow, 2018. Pp. 216–218. (In Russian.)

4. Danilova K. A. Stanovlenie kishechnogo mikrobiotsenoza u tsyplyat-broylerov pri ispol'zovanii probiotika "Provagen" i prebiotika "Laktusan" [Formation of intestinal microbiocenosis in broiler chickens using probiotic "Provagen" and prebiotic "Lactusan"] // The Agrarian Scientific Journal. 2019. No. 2. Pp. 26–29. (In Russian.)

5. Dmitriev N. O. Perspektivy ispol'zovaniya kormovykh dobavok na osnove guminovykh kislot tsyplyatam-broyleram [Prospects for the use of feed additives based on humic acids for broiler chickens] // Aktual'nye problemy veterinarnoy meditsiny, pishchevykh i biotekhnologiy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saratov, 2019. Pp. 42–45. (In Russian.)

6. Dmitriev N. O., Kozlov S. V., Salautin V. V., Vasil'ev A. A. Vliyanie kormovoy dobavki Reasil® Humic Health na skorost' eliminatsii antibakterial'nogo preparata "Florfenikol" iz organizma tsyplyat-broylerov [The effect of Reasil® Humic Health feed additive on the rate of elimination of the antibacterial drug "Florfenicol" from the body of broiler chickens] // Osnovy i perspektivy organicheskikh biotekhnologiy. 2020. No. 1. Pp. 9–14. (In Russian.)

7. Khabirov A., Avzalov R., Tsapalova G., Andreeva A., Basharov A. Effect of a probiotic containing lactobacilli and bifidobacteria on the metabolic processes, litter microbiocenosis, and production indicators of broiler Pekin ducklings // Veterinary World. 2022. No. 15 (4). Pp. 998–1005. DOI: 10.14202/vetworld.2022.998-1005.

8. Koshchaev I. A., Mezinova K. V., Sorokina N. N. Izuchenie korrelyatsii mezhdu osnovnymi zootehnicheskimi pokazatelyami i parametrami ispol'zuemykh v kormakh probioticheskikh kul'tur [To study the correlation between the main zootechnical indicators and the parameters of probiotic cultures used in feed] // Actual Issues in Agricultural Biology. 2020. No. 4 (18). Pp. 123–130. (In Russian.)

9. Korsakov K. V., Vasiliev A. A., Kozlov S. V., Salautin V. V., Moskalenko S. P., Sivokhina L. A., Kuznetsov M. Yu., Dmitriev N. O. The Effect of The Reasil® Humic Health feed Additive on the rate of Antibacterial drugs removal from the Organisms of broiler Chickens // Research Journal of Pharmacy and Technology. 2020. No. 13 (12). Pp. 6113–6119.

10. Orlova T. N. Vliyanie probiotika na mikrobiotsenoz kishechnika tsyplyat-broylerov [The effect of probiotics on the intestinal microbiocenosis of broiler chickens] // Eurasian Union Of Scientists. 2020. No. 10-2 (79). Pp. 68–70. (In Russian.)

11. Romanova E. V., Krasochko P. P., Petrov V. V. Vliyanie antimikrobnogo preparata "Mul'tiomitsin 1 %" na mikrobiotsenoz kishechnika tsyplyat-broylerov [The effect of the antimicrobial drug "Multi omycin 1 %" on the intestinal microbiocenosis of broiler chickens] // Transactions of the educational establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine. 2018. Vol. 54. No. 1. Pp. 42–46. (In Russian.)

12. Simakova I. V., Vasil'ev A. A., Korsakov K. V., Lifanova S. P., Gulyaeva L. Yu. Guminovye kisloty kak biogennyi stimulyator myasnoy produktivnosti tsyplyat-broylerov // Materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 20-letiyu kafedry "Tekhnologii produktov pitaniya", 100-letiyu fakul'teta veterinarnoy meditsiny pishchevykh i biotekhnologiy [Humic acids as a biogenic stimulator of meat productivity of broiler chickens]. Saratov, 2018. Pp. 132–137. (In Russian.)

13. Simakova I. V., Vasiliev A. A., Korsakov K. V., Sivokhina L. A., Salautin V. V., Gulyaeva L. Y. Role of Humic Substances in Formation of Safety and Quality of Poultry Meat [e-resource] // Humic Substances. 2021. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/75648> (date of reference: 25.09.2022).

14. Terent'eva E. Yu., Salautin V. V., Terent'ev A. A. Vliyanie preparata "Versal Likvid" na morfometricheskie pokazateli kishechnika tsyplyat-broylerov [The effect of the drug "Versal Liquid" on the morphometric parameters of the intestines of broiler chickens] // The Agrarian Scientific Journal. 2018. No. 1. Pp. 39–41 (In Russian.)

15. Trushkin V. A., Kovalev S. P., Nikitina A. A., Votintseva A. P. Vliyanie preparata "Vitol-86" na prirost massy tela perepelov [The effect of the drug "Vitol-86" on the body weight gain of quails] // Materialy natsional'noy nauchnoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov SPbGAVM. Saint-Petersburg, 2018. Pp. 103–104. (In Russian.)

Authors' information:

Nikita O. Dmitriev¹, assistant of the department "Morphology, pathology of animals and biology", ORCID 0000-0003-0581-0945, AuthorID 1091128; +7 937 965-63-22, kit_dmitriev@mail.ru

Vladimir V. Salautin¹, holder of an advanced doctorate in veterinary sciences, professor of the department "Morphology, pathology of animals and biology", ORCID 0000-0003-1182-7057, AuthorID 427953; +7 903 329-79-24, salautin60@mail.ru

Svetlana E. Salautina¹, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department "Animal diseases and veterinary and sanitary examination", ORCID 0000-0001-6125-167X, AuthorID 427954; +7 960 354-45-33, sse36@mail.ru

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

Перспективная стратегия применения молекулярных маркеров в селекции *Beta vulgaris* L. (обзор)

Т. П. Федулова¹, А. С. Хуссейн¹, А. А. Налбандян¹✉

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова, ВНИИСС, Россия

✉E-mail: arpnal@rambler.ru

Аннотация. Цель работы – анализ молекулярно-генетических исследований по сахарной свекле и применение их в практической селекции, освещенных в литературных источниках отечественных и зарубежных ученых. Задачи: 1) проанализировать современное состояние молекулярно-генетических исследований, освещенных в отечественной и зарубежной литературе; 2) исследовать проблемы маркер-ориентированной селекции; 3) оценить перспективы развития молекулярных исследований по сахарной свекле в РФ. **Методы.** Для изучения современной стратегии молекулярно-генетического маркирования применялись аналитические методы изучения и обработки информации из международных баз (PubMed, NCBI, Академия Google). **Результаты.** Важной частью современной селекции сельскохозяйственных культур является использование ДНК-технологий. Обсуждаются научные данные, позволяющие получить более полное представление о современном состоянии молекулярной генетики и селекции сахарной свеклы, необходимое для составления программ их дальнейшего развития. Представлены результаты экспериментов зарубежных авторов и собственных исследований по установлению ДНК-маркеров для изучения генетического полиморфизма селекционного материала сахарной свеклы, подбора родительских пар для гибридизации; идентификации генов устойчивости к цветущности; отбора селекционного материала, с генами устойчивости к биотическим (фузариоз, нематоды, ризомания) и абиотическим стрессорам (засоление/засуха, тяжелые металлы). Во ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова в настоящее время проводятся масштабные исследования по использованию молекулярно-генетических маркеров в селекционном процессе сахарной свеклы. Использование молекулярных маркеров является одним из основных методов в селекции растений благодаря повсеместному распределению их по геному и практической универсальности применения. В статье рассматривается целесообразность использования актуальных методов анализа генома сахарной свеклы с применением ДНК-маркеров в селекционном процессе. **Научная новизна** состоит в оценке современного состояния молекулярно-генетических исследований по *Beta vulgaris* L. в РФ и за рубежом и использовании их в селекционном процессе культуры.

Ключевые слова: сахарная свекла, маркер-опосредованная селекция, цитоплазматическая мужская стерильность, SSR-локусы, ПЦР-анализ, SNP, праймеры, гибриды.

Для цитирования: Федулова Т. П., Хуссейн А. С., Налбандян А. А. Перспективная стратегия применения молекулярных маркеров в селекции *Beta vulgaris* L. (обзор) // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 71–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-71-82.

Дата поступления статьи: 06.05.2022, **дата рецензирования:** 15.08.2022, **дата принятия:** 09.12.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Сахарная свекла является важной сельскохозяйственной культурой в России, используется как сырье для производства сахара. При возделывании сахарной свеклы наблюдаются экологические эффекты: она больше других культур поглощает CO₂ и выделяет O₂ на идентичной площади, что противодействует развивающемуся тепличному эффекту; очень эффективно использует влагу как ту, которая находится в почве, так и из выпадающих осадков. Возделывание сахарной свеклы улучшает пло-

родие почвы и способствует повышению продуктивности культур свекловичного севооборота [1]. В процессе изучения отечественных и зарубежных литературных источников выявлены некоторые проблемы в использовании ДНК-технологий в селекции данной важнейшей технической культуры, а именно двулетний цикл развития, перекрестный характер опыления, наличие явлений самонесовместимости, полиплоидии, открытие и использование мутаций ЦМС, раздельноплодности делают сложным вопросы взаимодействия молекулярной гене-

тики и классической селекции, направленных на повышение продуктивности, сахаристости и устойчивости к стрессовым факторам.

В связи с этим большое значение имеет знание современных методов молекулярно-генетических исследований, подходов, на основе которых можно направленно создавать гибриды с желаемыми признаками и свойствами. Эти методы могут быть использованы для наиболее полной характеристики исходного материала и получаемых гибридов. Необходимо также знакомство с последними достижениями ученых разных стран в области молекулярной генетики и селекции сахарной свеклы, совместное использование которых могло бы обеспечить максимальный эффект селекционной работы. Такие исследования в настоящее время проводятся во многих странах Европы, Азии, в США. Отличительной чертой этих исследований является кооперация ученых разного профиля для решения общих проблем, которая осуществляется на уровне специализированных учреждений и НИИ, а также университетов в пределах одного государства и на межгосударственном уровне.

Большое значение в селекции сельскохозяйственных культур имеет использование молекулярно-генетических маркеров, которые в отличие от морфологических не проявляют себя в фенотипе, по количеству превосходят их, не затрагивают физиологию организма, наследуются доминантно (например: RAPD, AFLP) и кодоминантно (например: RFLP, SSRs), не изменяются под воздействием внешней среды. В последнее время широко применяются методы анализа однонуклеотидных замен (SNPs), обуславливающих генетическое разнообразие среди особей вида и встречающихся с различной частотой у разных видов по всему геному. SNP могут вызывать устойчивость к различным абиотическим и биотическим факторам и др. Вместе с тем такие хозяйственно ценные признаки, как урожайность, сахаристость, устойчивость к некоторым био- и абиотическим стрессам, являются полигенными (QTL), что затрудняет их молекулярно-генетическую идентификацию, картирование, так как крайне затруднительно идентифицировать отдельный локус.

Результаты (Results)

При планировании генетических экспериментов и выборе методов селекции необходимо знание молекулярно-генетических особенностей объекта исследований. Одним из важнейших этапов в применении достижений молекулярной биологии для повышения эффективности селекции сахарной свеклы является поиск генов, отвечающих за хозяйственно ценные признаки, их картирование и использование для контроля результатов скрещиваний. Для этих целей в разных странах созданы коллекции зародышевой плазмы диких и культур-

ных видов и форм свеклы и международные базы данных по собранным коллекционным образцам, используемым при проведении таких исследований, имеется Банк генов. К сожалению, зарубежные монографии малодоступны отечественному читателю, а в публикациях российских авторов вопросы молекулярно-генетических исследований сахарной свеклы рассматриваются фрагментарно. Поэтому мы сочли целесообразным обобщить имеющуюся информацию, дополнив ее новейшими научными данными, что обеспечит возможность, на наш взгляд, получить более полное представление о современном состоянии молекулярной генетики и селекции сахарной свеклы, необходимое для составления программ их дальнейшего развития.

Анализ полиморфизма ДНК

Сахарная свекла в молекулярно-генетическом аспекте в Российской Федерации изучена недостаточно и представляет собой интерес как для фундаментальной науки, так и в практических селекционных целях. В селекции данной культуры важную роль играет целенаправленный отбор исходного материала с желаемыми признаками, обладающего высоким уровнем разнообразия, чтобы обеспечить успех при создании высокопродуктивных гибридов. Использование селективных ДНК-маркеров для оценки селекционных коллекций способно значительно ускорить процесс выделения перспективных форм для оптимизации подбора пар скрещиваний. В геномах растений и животных широко распространены микросателлитные повторы, которые окружают многие гены и используются как якорные последовательности к этим генам. SSR-метод (Simple Sequence Repeat) является одним из высокоэффективных и надежных для применения в генетическом анализе [2–5]. Данный метод к настоящему времени широко используется для изучения генофондов многих видов растений, для их картирования и маркирования селекционно-ценных признаков [6–10].

Полиморфизм сортов сахарной свеклы и гибридов при выборе клеток для оценки устойчивости к абиотическим факторам на молекулярном уровне изучали украинские ученые [11]. Авторы исследовали молекулярный и генетический полиморфизм в генотипах сахарной свеклы, используя RAPD- и SSR-анализы. Кластерный анализ с использованием ДНК-маркеров показывает, что термостойкие генотипы сахарной свеклы Ялтушковский МС 72, Украинский МС 70, Украинский МС 72 и Катюша генетически отдалены и, следовательно, могут быть использованы для создания гетерозисных гибридов, устойчивых к засухе.

Генетическое разнообразие и поток генов между дикими, культивируемыми и сорняковыми формами *Beta vulgaris* L. были оценены с помощью RFLP- и микросателлитных маркеров. Модели разнообра-

зия были конгруэнтны для обоих типов маркеров. Генетическое разнообразие дикой свеклы оказалось высоким по своему аллельному числу и по наблюдаемой гетерозиготности, тогда как генофонд культивируемой свеклы был более узок [12; 13].

Разновидностью микросателлитных маркеров являются короткие tandemные повторы (STR). Знание этих функциональных маркеров может быть непосредственно использовано для молекулярной селекции, поскольку они ярко выражены в экспрессируемых областях генома.

Иностранцами авторами проведена оценка биоразнообразия видов сахарной свеклы и их диких родственников и установлена связь экологических данных с новыми генетическими подходами [14]. В данной работе авторы использовали EcoTILLING как молекулярный инструмент для оценки полиморфизмов ДНК в диких популяциях *Beta* и выявления генов-кандидатов, связанных с засухой и солеустойчивостью. Рассмотрены вопросы, связанные с секвенированием следующего поколения (NGS) технологии как новым молекулярным инструментом для оценки адаптивных генетических вариаций на диких родственниках сахарной свеклы

Одним из нежелательных признаков в процессе развития сахарной свеклы является цветущность. Проблема стала беспокоить современного селекционера в связи с большим количеством возделываемых иностранных гибридов и изменением климатических условий. Помимо экологических факторов, таких как низкая температура и длинный световой день на начальных этапах развития корнеплода, оно также обуславливается работой определенного набора генов, комплексно наследуемых и регулирующих переключение жизненного цикла культуры от однолетнего к двулетнему. Перекрестное опыление дикой свеклы *B. maritima* L. с культурной на площадях производства семян может привести к интрогрессии локуса *B*, контролирующего время выхода в стрелку, в двулетние возделываемые гибриды, результатом чего будет засорение гибридов растениями с ранним выходом в стрелку. При этом происходят потери урожая и содержания сахара и возникают проблемы с уборкой урожая. Так, гены *BTC1*, *BvFT1* и *BvFT2* являются основными регуляторами времени цветения. Локус выхода в стрелку *BOLTING TIME CONTROL 1 (BTC1)* отвечает за однолетний цикл развития. В доминантной форме аллеля этот ген обуславливает однолетний цикл развития, в рецессивном – двулетний. Совместно с ним наследуются и находятся под его управлением гены *FLOWERING LOCUS T (FT1 и FT2)*. Ген *BvFT2* отвечает за инициацию цветения, а *BvFT1*, наоборот, подавляет процесс цветения. Доминантная аллель гена *BTC1* репрессирует *BvFT1*, одновременно активируя *BvFT2*, вызывая выход побега и цветение. У растений с двулетним циклом развития экспрес-

сия рецессивной аллели *btc1* увеличивается постепенно, до минимальных показателей экспрессии *BvFT1* во время яровизации, что позволяет снять на этот период супрессию с *BvFT2*, тем самым стимулируя экспрессию для инициации цветения. Кроме того, ген *BvBBX19*, действующий эпистатически на систему генов *BTC1*, *BvFT1* и *BvFT2*, в зависимости от наличия тех или иных полиморфизмов, также может определять цикл развития растений. На сегодняшний день установлена четкая локализация вышеперечисленных генов на хромосомной карте сахарной свеклы, выявлены и описаны SNPs, имеющие решающее значение при регуляции времени выхода в стрелку цветоноса [15–17].

Анализ устойчивости к биотическим факторам

К значительному снижению урожайности корнеплодов, уменьшению содержания сахара и чистоты его выхода приводят также и заболевания сахарной свеклы, вызываемые грибами рода *Fusarium* [18]. У культуры известны устойчивые к *F. oxysporum* линии, но генетическая система, которая контролирует развитие болезни, до сих пор неясна. Тем не менее в недавних исследованиях с помощью подхода генов-кандидатов было выявлено два аллельных варианта предполагаемых генов устойчивости к *Fusarium oxysporum*. Были идентифицированы 2 однонуклеотидные замены (SNP), на 2 и 7 хромосомах, которые позволяют на ранних этапах определять условно устойчивые и чувствительные генотипы [19]. В связи с тем, что у растений сахарной свеклы не установлены конкретные гены/локусы, ответственные за устойчивость к фузариозу, исследование толерантности ведется опосредованно, в частности, путем изучения генов кислых хитиназ. Увеличение активности фермента кислой хитиназы (ЕС 3.2.1.14) прямо пропорционально заражению фитопатогенной инфекцией и, возможно, играет основную роль в формировании защиты растений. У *Beta vulgaris* L. выявлены две изоформы кислой хитиназы (соответствующие гены – *SE2* и *SP2*). Изоформа (*SE2*) проявляет высокую экзохитиназную активность, что позволяет успешно гидролизировать хитоолигосахариды. *SE2*, гликолизированная изоформа хитиназы *SP2*, также способствует защите сахарной свеклы от грибной инфекции [20; 21].

Растения сахарной свеклы поражаются комплексом вредных организмов, включая и нематоды. Галловые нематоды *Meloidogyne* spp. вызывают формирование галлов – новообразований на корнях культуры. Иностранцами учеными в течение многих лет проводились исследования по идентификации локусов, контролирующих толерантность к галловой и свекловичной нематодам. Согласно этим работам, устойчивость к фитогельминтозу достигается вследствие экспрессии гена *R6m-1*. Данный ген обеспечивает стабильный уровень работы

защитных белков, угнетающих фитопатогенное действие протеиназ, посредством которых нематоды воздействуют на растения культуры [22–25].

Одним из наиболее опасных заболеваний сахарной свеклы также является ризомания, вызывающая большие потери урожая корней на 50–70 %, содержания сахара – на 2–4 % и снижающая качество переработки сырья [26]. Болезнь провоцируется вирусом BNYVV (бенивирус некротического пожелтения жилок свеклы), который переносится и инокулируется грибом *Polymyxa betae* [27; 28]. Из-за долговечности спор *P. betae* в почве даже длинные севообороты полностью неэффективны. Устойчивые к ризомании растения можно идентифицировать по фенотипической оценке в поле, химическому анализу корней, методом генотипирования, включая молекулярные маркеры. При обычных методах, применяемых классической селекцией, в поле отбираются для анализа кончики корешков, в то время как для оценки молекулярно-генетическими методами предпочтительным является анализ листового аппарата на ранней стадии развития. Использование гибридов, имеющих генетическую устойчивость – единственная возможность ограничить влияние болезни [29]. Устойчивость коммерческих гибридов в настоящее время достигнута за счет использования одного или двух основных генов, *Rz1* и *Rz2* (*Rizor* или *Holly*). Оба гена получены от морской свеклы итальянского и датского происхождения, соответственно, и оба локализованы на хромосоме 3 [30; 31]. Оценивалась устойчивость к ризомании методом RAPD-анализа. Были идентифицированы маркеры, связанные с обоими генами. Последующие исследования идентифицировали и многочисленные RAPD-маркеры, связанные с *Rz1* и *Rz2*. Поскольку маркеры RAPD являются доминантными, они не могут использоваться непосредственно в маркер-опосредованном отборе. Поэтому были разработаны сначала SCAR-маркеры, а в последнее время и SNP-маркеры, связанные с *Rz1* [32–34].

Анализ устойчивости к абиотическим факторам

Значительное отрицательное влияние на растения сахарной свеклы оказывают и абиотические факторы, такие как засуха, засоление, тяжелые металлы, кислотность почвы и др., что сказывается на урожайности. Системы исследования стресса засухи у растений привели к идентификации большого количества генов, белков и метаболитов, которые отвечают на сильный стресс засухи или на высыхание. Однако, несмотря на выявление многих генов, окончательное понимание механизмов устойчивости к засухе, которые позволяют некоторым видам сохраняться в экстремальных условиях окружающей среды и привели бы к повышению устойчивости к засухе и стабильности урожая растений, не ясны. Большое количество соли, накапливающейся

в почве, препятствует впитыванию воды семенами, вызывает дисбаланс питательных веществ, ферментативное торможение и метаболическую дисфункцию, что приводит к снижению скорости фотосинтеза [35–38]. В долгосрочном эволюционном процессе растения формируют физиологический механизм адаптации в ответ на солевой стресс. Большой успех в решении и понимании проблемы адаптации растений к засолению достигнут с развитием методов молекулярной генетики, что позволило идентифицировать многие гены, активирующиеся при засолении. Выявлено, что в ответ на повышение концентрации NaCl увеличивается уровень экспрессии генов, контролирующих белки семейства NHX-антипортеров, локализованных на клеточной и вакуольной мембранах [39–42].

Тяжелые металлы, такие как Zn, Cd, Ni, Mn, по степени опасности встали в один ряд с пестицидами, двуокисью углерода и серы. Широко применяемые в промышленном производстве, они попадают во внешнюю среду, в почву, загрязняя и отравляя ее. Тяжелые металлы как один из наиболее негативных абиотических факторов вызывают изменения в метаболизме растений, угнетая нормальное функционирование физиологических процессов. В базе данных по *Beta vulgaris* L. описано 9 локусов (аннотированные последовательности) на разных хромосомах, экспрессирующих белки, ответственные за устойчивость сахарной свеклы к тяжелым металлам (NCBI) [43–45].

Современная селекция сахарной свеклы направлена на создание гибридов с высокой степенью раздельноцветковости, хорошим качеством семян, повышенной продуктивностью [46–48]. Такими характеристиками обладают односемянные диплоидные гибриды на основе ЦМС. Посевные качества семян данных гибридов соответствуют технологии возделывания культуры на индустриальной основе.

Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) регулируется деятельностью митохондриальных генов. Данный признак проявляется образованием пыльников со стерильной пылью; его развитие является результатом ядерно-цитоплазматических взаимодействий. Механизмы формирования ЦМС у сахарной свеклы, а также конкретные гены, ответственные за этот признак в составе мтДНК, неизвестны, хотя выявлен ряд минисателлитных последовательностей, наличие которых коррелирует с этим признаком [49–52].

Во ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова в настоящее время также проводятся широкомасштабные исследования по использованию молекулярно-генетических маркеров в селекционном процессе сахарной свеклы. Так, А. С. Хуссейном с коллегами [53] выявлены новые полиморфизмы в гене *BTCL*, контролирующем выход в стрелку в генотипах отечественной и зарубежной селекции, позволившие отобрать

источники устойчивости к цветущности. Скрининг регенерантов сахарной свёклы на наличие генов устойчивости к тяжелым металлам позволил выделить сортообразцы с устойчивостью к данному абиотическому стрессу [54]. Молекулярное типирование образцов сахарной свёклы со специфическими праймерами на локусы устойчивости к фузариозу способствовало отбору ценных источников устойчивости к данному заболеванию [55]. Для создания перспективных гибридов осуществлена дифференциация и кластеризация сортообразцов по микросателлитным маркерам, позволившая подобрать наиболее ценные родительские формы для гибридизации [56]. Изучение однонуклеотидных замен (SNPs) в гене устойчивости к галловым нематодам способствовало выделению устойчивых генотипов к данному вредителю [57].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Установление полиморфных ДНК-маркеров для молекулярного картирования, выявления генетического разнообразия исходного материала сахарной свёклы, подбора родительских пар для гибридизации, идентификации генов, сцепленных с признаком цветущности, отбора селекционного материала, с генами устойчивости к биотическим (фузариоз, фитогельминтоз) и абиотическим стрессорам (засоление, засуха, тяжелые металлы) является актуальным направлением исследований.

Приведенный нами обзор мировой литературы по изучению генетической изменчивости, идентификации и паспортизации селекционных достижений, отбору на основе молекулярных маркеров исходных форм с селекционно и хозяйственно ценными признаками весьма своевременный и актуальный в связи с необходимым сокращением

сроков создания современных гибридов нового поколения и ускоренным ростом их числа.

Всероссийский НИИ сахарной свёклы и сахара имени А. Л. Мазлумова является ведущим и головным учреждением в России, которое не только создает новые высокопродуктивные, устойчивые гибриды сахарной свёклы, но и поддерживает их первичное семеноводство в южных регионах страны, имеет большой практический опыт использования приемов маркер-ориентированной селекции. В декабре 2022 года ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова отметил свой 100-летний юбилей. ВНИИСС сегодня – это крупный научно-методический центр, в котором проводятся исследования по всем основным проблемам свекловодства в России. Селекционная работа сахарной свёклы неразрывно связана с всесторонним изучением и испытанием тысяч исходных образцов, десятков хозяйственно-полезных признаков им присущих и огромного количества всевозможных комбинаций. Все это привело к необходимости широкого использования для ускоренного создания гибридов нового поколения современных молекулярно-генетических и биотехнологических методов, чем и обоснован выбор публикации данного обзора. Внедрение инновационных ДНК-технологий обеспечит новый уровень сельского хозяйства за счет разработки и применения в селекционном процессе методов ДНК-диагностики генов, улучшающих качество сельскохозяйственной продукции. Совершенно очевидна перспективность проведения таких исследований комплексно специалистами разного профиля, для чего желательно сотрудничество между учеными соответствующих учреждений как внутри страны, так и за рубежом.

Библиографический список

1. Корниенко А. В., Буторина А. К. Генетика и селекция сахарной свёклы *Beta vulgaris* L. Воронеж: Воронежский ЦНТИ, 2012. 391 с.
2. Федулова Т. П., Федорин Д. Н. Использование ПЦР-анализа для выявления генетического полиморфизма сортоформ свёклы корнеплодной *Beta vulgaris* L. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 3 (122). С. 94–99.
3. Хлесткина Е. К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 4 (2). С. 1044–1054
4. Smulders M., Esselink G., Danny G., Riek J., Vosman B. Characterisation of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) varieties using microsatellite markers // BMC Genetics. 2010. No. 11. Article number 41. DOI: 10.1186/1471-2156-11-41.
5. Simko I., Eujayl I., van Hintum T. J. Empirical evaluation of DArT, SNP, and SSR marker-systems for genotyping, clustering, and assigning sugar beet hybrid varieties into populations // Plant Science. 2012. No. 184. Pp. 54–62. DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.12.009.
6. Чесноков Ю. В. Генетические маркеры: сравнительная классификация молекулярных маркеров // Овощи России. 2018. № 3 (41). С. 11–15.
7. Канукова К. Р., Газаев И. Х., Сабанчиева Л. К., Боготова З. И., Аппаев С. П. ДНК-маркеры в растениеводстве // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019. № 6 (92). С. 221–232.
8. Sandhu K., Sarao K., Meenakshi G., Uppal S., Pritpal S., Satveer K., Jaspreet K. Profiling of sugar beet genotypes for agronomical, sugar quality and forage traits and their genetic diversity analysis using SSR markers // Electronic Journal of Plant Breeding. 2016. No. 7. Pp. 253–266. DOI: 10.5958/0975-928X.2016.00033.8.

9. Taheri S., Abdullah L., Yusop M., Hanafi M., Sahebi M., Azizi P., Shamshiri R. Mining and Development of Novel SSR Markers Using Next Generation Sequencing (NGS) Data in Plants // *Molecules*. 2018. No. 23. Article number 399. DOI: 10.3390/molecules23020399.
10. Spadoni A., Sion S., Gadaleta S., Savoia M., Piarulli L., Fanelli V., Rienzo V., Taranto F., Miazzi M., Montemurro C., Sabetta W. A Simple and Rapid Method for Genomic DNA Extraction and Microsatellite Analysis in Tree Plants // *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2019. No. 21 (5). Pp. 1215–1226.
11. Кляченко О. Л., Присяжнюк Л. М. Изучение аллельного состояния микросателлитных локусов сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) [Электронный ресурс] // *Живые и биокосные системы*. 2014. № 8 (5). URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-8/article-5> (дата обращения: 20.02.2022).
12. Holtgräwe D., Rosleff Th., Vieho P., Schneider J., Schulz B., Borchardt D., Kraft Th., Himmelbauer H., Weisshaar B. Polymorphisms and Their Application for Extending the Genetic Map of Sugar Beet (*Beta vulgaris*) // *PLOS ONE*. 2014. No. 9 (10). Pp. 1–10. DOI: 10.1371/journal.pone.0110113.
13. Dohm J. C., Minoche A. E., Holtgrawe D., Capella-Gutierrez S., Zakrzewski F. The genome of the recently domesticated crop plant sugar beet (*Beta vulgaris*) // *Nature*. 2014. No. 505. Pp. 546–549. DOI: 10.1038/nature12817.
14. Broccanello Ch., Chiodi C., Funk A., Mitchell McGrath J., Panella L., Stevanato P. Comparison of three PCR-based assays for SNP genotyping in plants // *Plant Methods*. 2018. No. 14. Article number 28. DOI: 10.1186/s13007-018-0295-6.
15. Abegg F. A. A genetic factor for the annual habit in beets and linkage relationship // *Journal of Agricultural Research*. 1936. No. 53. Pp. 493–511.
16. Tränkner C., Lemnian I. M., Emrani N., Pfeiffer N., Tiwari S. P., Kopisch-Obuch F. J. A detailed analysis of the BR1 locus suggests a new mechanism for bolting after winter in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) // *Frontiers in Plant Science*. 2016. No. 7. Article number 1662. DOI: 10.3389/fpls.2016.01662.
17. Höft N., Dally N., Hasler M., Jung Ch. Haplotype Variation of Flowering Time Genes of Sugar Beet and Its Wild Relatives and the Impact on Life Cycle Regimes // *Frontiers in Plant Science*. 2018. No. 8. Article number 2211. DOI: 10.3389/fpls.2017.02211.
18. Hanson L., Lucchi De Ch., Stevanato P., McGrath M., Panella L., Sella L., Biaggi De M., Concheri G. Root rot symptoms in sugar beet lines caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Betae* // *European Journal of Plant Pathology*. 2018. No. 150. Pp. 589–593. DOI: 10.1007/s10658-017-1302-x.
19. De Lucchi Ch., Stevanato P., Hanson L., McGrath J., Panella L., De Biaggi M., Broccanello C., Bertaggia M., Sella L., Concheri G. Molecular markers for improving control of soil-borne pathogen *Fusarium oxysporum* in sugar beet // *Euphytica*. 2017. No. 213 (3). Article number 71. DOI: 10.1007/s10681-017-1859-7.
20. Nagpure A., Choudhary B., Gupta R. Chitinases: in agriculture and human healthcare // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2014. No. 34 (3). Pp. 215–232. DOI: 10.3109/07388551.2013.790874.
21. Yezhebeyeva R., Abekova A., Konysbekov K., Bastaubayeva Sh., Kabdrahmanova A., Absattrova A., Shavrukov Y. Two sugar beet chitinase genes, BvSP2 and BvSE2, analysed with SNP Amplifluor-like markers, are highly expressed after *Fusarium* root rot inoculation and field susceptibility trial // *PeerJ*. 2018. No. 6. Pp. 2–19. DOI: 10.7717/peerj.5127.
22. Налбандян А. А., Федулова Т. П., Голева Г. Г. ПЦР-идентификация гена устойчивости R6m-1 к корневым нематодам сахарной свеклы // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2018. No. 2 (57). Pp. 43–48.
23. Weiland J., Yu M. A Cleaved Amplified Polimorphic Sequence (CAPS) Marker Associated with Root-Knot Nematode Resistance in Sugar beet // *Crop Science*. 2003. No. 43. Pp. 1814–1818. DOI: 10.2135/cropsci2003.1814.
24. Bakooie M., Pourjam E., Mahmoudi S., Safaie N., Naderpour M. Development of an SNP Marker for Sugar Beet Resistance/Susceptible Genotyping to Root-Knot Nematode // *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2015. No. 17. Pp. 443–454.
25. Ghaemir R., Pourjam E., Safaie N. Molecular insights into the compatible and incompatible interactions between sugar beet and the beet cyst nematode // *BMC Plant Biology*. 2020. No. 20. Article number 483. DOI: 10.1186/s12870-020-02706-8.
26. Norouzi P, Stevanato P., Mahmoudi S., Fasahat P., Biancardi E. Molecular Progress in Sugar Beet Breeding for Resistance to Biotic Stresses in Sub-Arid Conditions-Current Status and Perspectives // *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2017. No. 20 (2). Pp. 99–105. DOI: 10.1007/s12892-016-0090-0.
27. Tamada T., Schmitt C., Saito M., Guilley H., Richards K., Jonard G. High resolution analysis of the read through domain of beet necrotic yellow vein virus read through protein: a KTER motif is important for efficient transmission of the virus by *Polymyxa betae* // *Journal of General Virology*. 1996. No. 77. Pp. 1359–1367.
28. Tamada T., Uchino Y., Kusume T., Iketani-Saito M., Chiba S., Andika I., Kondo H. Pathogenetic roles of beet necrotic yellow vein virus RNA5 in the exacerbation of symptoms and yield reduction, development of scab-like

symptoms, and Rz1-resistance breaking in sugar beet // *Plant Pathology*. 2021. No. 70. Pp. 219–232. DOI: 10.1111/ppa.13266.

29. Biancardi E., Lewellen R., Biaggi M., Erichsen A., Stevanato P. The origin of rhizomania resistance in sugar beet // *Euphytica*. 2002. No. 127. Pp. 383–397.

30. Stevanato P., Biaggi M., Broccanello Ch., Biancardi E., Saccomani M. Molecular genotyping of “Rizor” and “Holly” rhizomania resistances in sugar beet // *Euphytica*. 2015. No. 206. Pp. 427–431. DOI: 10.1007/s10681-015-1503-3.

31. Litwiniec A., Goška M., Chojińska B., Kuźdowicz M., Łukanowski A., Skibowska B. Evaluation of rhizomania-resistance segregating sequences and overall genetic diversity pattern among selected accessions of Beta and Patellifolia. Potential implications of breeding for genetic bottlenecks in terms of rhizomania resistance // *Euphytica*. 2016. No. 207. Pp. 685–706. DOI: 10.1007/s10681-015-1570-5.

32. Amiri R., Mesbah M., Moghaddam M., Bihanta S., Mohammadi A., Norouzi P. A new RAPD marker for beet necrotic yellow vein virus resistance gene in Beta vulgaris // *Biologia Plantarum*. 2009. No. 53. Pp. 112–119.

33. Fegghi A., Norouzi P., Saidi A., Zamani K., Amiri R. Identification of SCAR and RAPD markers linked to Rz1 gene in Holly sugar beet using BSA and two genetic distance estimation methods [e-resource] // *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2012. No. 3 (1). Pp. 598–605. URL: <https://doaj.org/article/205c7ea5994542b287c276aef860c828> (date of reference: 20.02.2022).

34. Litwiniec A., Łukanowski A., Goška M. RNA silencing mechanisms are responsible for outstanding resistance of some wild beets against rhizomania. A preliminary evidence-based hypothesis // *Journal of Animal and Plant Sciences*. 2014. No. 21. Pp. 3273–3292.

35. Jin H., Dong D., Yang Q., Zhu D. Salt-responsive transcriptome profiling of Suaeda glauca via RNA sequencing // *PLOS ONE*. 2016. No. 11. Article number 0150504. DOI:10.1371/journal.pone.0150504.

36. Ali Sh., Rizwan M., Qayyum M., Sik-Ok Y., Ibrahim M., Riaz M., Arif M., Hafeez F., Al-Wabel M., Shahzad A. Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review // *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. No. 24. Pp. 12700–12712. DOI: 10.1007/s11356-017-8904-x.

37. Wedeking R., Mahlein A.-K., Steiner U., Oerke E.-C., Goldbach H. E., Wimmer M. A. Osmotic adjustment of young sugar beets (Beta vulgaris) under progressive drought stress and subsequent rewatering assessed by metabolite analysis and infrared thermography // *Functional Plant Biology*. 2017. No. 44. Pp. 119–133. DOI: 10.1071/FP16112.

38. Geng G., Chunhua L., Stevanato P., Li R., Liu H., Yu L., Wang Y. Transcriptome Analysis of Salt-Sensitive and Tolerant Genotypes Reveals Salt-Tolerance Metabolic Pathways in Sugar Beet // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. No. 20 (23). Article number 5910. DOI: 10.3390/ijms20235910.

39. Rodríguez-Rosales M., Gálvez F., Huertas R., Aranda M., Baghour M., Cagnac O., Venema K. Plant NHX cation/proton antiporters // *Plant Signaling & Behavior*. 2009. No. 4 (4). Pp. 265–276. DOI: 10.4161/psb.4.4.7919.

40. Adler G., Blumwald E., Bar-Zvi D. The sugar beet gene encoding the sodium/proton exchanger 1 (BvNHX1) is regulated by a MYB transcription factor // *Planta*. 2010. No. 232. Pp. 187–195. DOI: 10.1007/s00425-010-1160-7.

41. Gui G., Chunhua L., Stevanato P., Li R., Liu H., Yu L., Wang Y. Transcriptome Analysis of Salt-Sensitive and Tolerant Genotypes Reveals Salt-Tolerance Metabolic Pathways in Sugar Beet // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. No. 20 (23). Article number 5910. DOI: 10.3390/ijms20235910.

42. Liu L., Wang B., Liu D., Zou Ch., Wu P., Wang Z., Wang Y., Li C. Transcriptomic and metabolomic analyses reveal mechanisms of adaptation to salinity in which carbon and nitrogen metabolism is altered in sugar beet roots // *BMC Plant Biology*. 2020. No. 20. Article number 138. DOI: 10.1186/s12870-020-02349-9.

43. Erbasol I., Ozan Bozdag G., Koc A., Pedas P., Karakaya H. Characterization of two genes encoding metal tolerance proteins from Beta vulgaris subspecies maritima that confers manganese tolerance in yeast // *Biometals Springer*. 2013. No. 26. Pp. 795–804. DOI: 10.1007/s10534-013-9658-7.

44. Ricachenevsky F., Menguer P., Sperotto R., Williams L., Fett J. Roles of plant metal tolerance proteins (MTP) in metal storage and potential use in biofortification strategies // *Frontiers in Plant Science*. 2013. No. 4. Article number 144. DOI: 10.3389/fpls.2013.00144.

45. Viehweger K. How plants cope with heavy metals // *Botanical Studies*. 2014. No. 55. Article number 35. DOI: 10.1186/1999-3110-55-35.

46. Ошевнев В. П., Грибанова Н. П., Васильченко Е. Н., Бердников Р. В. Стабилизация признака односемянности при создании компонентов гибридов сахарной свеклы // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. № 20 (2). С. 186–191.

47. Hemayati S., Taleghani D., Shahmoradi Sh. Effects of steckling weight and planting density on sugar beet (Beta vulgaris L.) monogerm seed yield and qualitative traits // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2008. No. 11 (2). Pp. 226–231. DOI: 10.3923/pjbs.2008.226.231.

48. Amiri R., Sarafraz E., Sadat Noori S., Norouzi P., Seyedmohammadi N. A new molecular marker linked to gene for monogermity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) // *Romanian Agricultural Research*. 2011. No. 28. Pp. 95–101.
49. Брагин А. Г., Иванов М. К., Федосеева Л. А., Дымшиц Г. М. Анализ гетероплазматического состояния митохондриальной ДНК фертильных и мужскостерильных растений сахарной свеклы (*Beta vulgaris*) // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2011. № 15 (3). С. 585–590.
50. Федулова Т. П., Налбандян А. А., Дуванова Т. Н. Скрининг исходных материалов сахарной свёклы на наличие минисателлитных локусов TRs, связанных с ЦМС // *Сахар*. 2022. № 3. С. 38–42. DOI: 10.24412/2413-5518-2022-3-38-41.
51. Nishizawa S., Kubo T., Mikami T. Variable number of tandem repeat loci in the mitochondrial genomes of beets // *Current Genetics*. 2000. No. 37. Pp. 34–38. DOI: 10.1007/s002940050005.
52. Xia H., Zhao W., Shi Y., Wang X., Wang B. Microhomologies Are Associated with Tandem Duplications and Structural Variation in Plant Mitochondrial Genomes // *Genome Biology and Evolution*. 2020. No. 12 (11). Pp. 1965–1974. DOI: 10.1093/gbe/evaa/172.
53. Хуссейн А. С., Налбандян А. А., Федулова Т. П., Черепухина И. В., Крюкова Т. И., Михеева Н. Р., Руденко Т. С.. Новые полиморфизмы в гене ВТС1 сахарной свеклы // *Биотехнология*. 2020. № 36 (6). С. 66–71. DOI: 10.21519/0234-2758-2020-36-6-66-71.
54. Хуссейн А. С., Михеева Н. Р., Налбандян А. А., Черкасова Н. Н. Скрининг растений-регенерантов сахарной свёклы на наличие гена устойчивости к тяжелым металлам МТР4 // *Биотехнология*. 2021. № 37 (4). С. 14–19. DOI: 10.21519/0234-2758-2021-37-4-14-19.
55. Налбандян А. А., Хуссейн А. С., Федулова Т. П., Руденко Т. С., Михеева Н. Р., Селиванова Г. А. Изучение гена кислой хитиназы SE2 в генотипах сахарной свеклы // *Аграрная наука*. 2021. № 348 (4). С. 88–90. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-348-4-88-90.
56. Nalbandyan A. A., Hussein A. S., Fedulova T. P., Cherepukhina I. V., Kryukova T. I., Rudenko T. S., Mikheeva N. R., Moiseenko A. V. Differentiation of Sugar Beet Varieties Using SSR Markers: A Tool to Create Promising Hybrids // *Russian Agricultural Sciences*. 2020. No. 46 (5). Pp. 442–446. DOI: 10.3103/S1068367420050146.
57. Хуссейн А. С., Налбандян А. А., Федулова Т. П., Крюкова Т. И., Фомина А. С., Моисеенко А. В. Нуклеотидные замены в гене устойчивости к галловым нематодам сахарной свеклы // *Аграрная наука*. 2022. № 355 (1). С. 110–113. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-355-1-110-113.

Об авторах:

Татьяна Петровна Федулова¹, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории маркер-ориентированной селекции, ORCID 0000-0002-8226-2594, AuthorID 460741; +7 903 030-79-59, maselect@mail.ru

Ахмад Садун Хуссейн¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории маркер-ориентированной селекции, ORCID 0000-0002-2427-3279, AuthorID 741179; +7 920 216-03-78, ahmad_saadon@yahoo.com

Арпине Артаваздовна Налбандян¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией маркер-ориентированной селекции, ORCID 0000-0001-5959-047X, AuthorID 761543; +7 951 871-27-60, arpnal@rambler.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова, ВНИИСС, Россия

Perspective strategy of using molecular markers in breeding of *Beta vulgaris* L. (review)

T. P. Fedulova¹, A. S. Hussein¹, A. A. Nalbandyan¹✉

¹ All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A. L. Mazlumov, VNIISS, Russia

✉ E-mail: arpnal@rambler.ru

Abstract. Aim of the investigations is to study, summarize and analyze domestic and foreign literature concerning interaction of molecular genetics and classical sugar beet breeding for improvement of resistance to biotic and abiotic stresses. The problems are: 1) to analyze a current state of molecular-genetic investigations in domestic and foreign literature; 2) to study problems of marker-oriented breeding; 3) to estimate development prospects of sugar

beet molecular research in Russian Federation. **Methods.** Analytical methods to inspect and handle information from international databases (PubMed, NCBI, and Academy Google) have been used to study modern strategy of molecular-genetic marking. **Results.** Use of DNA-technologies is an important part of modern breeding of agricultural crops. There have been discussed the research data permitting to get a more comprehensive idea of current state of sugar beet molecular genetics and breeding that is necessary to work out programs of their further development. There have been presented the results of foreign authors' experiments and our own investigations on determining DNA-markers to study genetical polymorphism of sugar beet breeding material, select parent pairs for hybridization, identify genes of resistance to bolting, select breeding material with genes of resistance to biotic (*Fusarium* spp., nematodes, rhizomania) and abiotic stressors (salinization, drought, heavy metals). Now, wide-scale studies on using molecular-genetic markers in sugar beet breeding process have been carried out by Federal State Budgetary Scientific Institution "The A. L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar". Use of molecular markers is one of the basic methods in plant breeding because of their general allocation throughout a genome and practical universality of application. In the article, advisability to use actual methods of sugar beet genome analysis employing DNA-markers in breeding process is considered. **Scientific novelty** involves estimation of the current state of *Beta vulgaris* L. molecular-genetic investigations in Russian Federation and abroad and their use in the crop breeding process.

Keywords: sugar beet, marker-mediated breeding, cytoplasmic male sterility, SSR-loci, the PCR-analysis, SNP, primers, hybrids.

For citation: Fedulova T. P., Hussein A. S., Nalbandyan A. A. Perspektivnaya strategiya primeneniya molekulyarnykh markerov v selektsii *Beta vulgaris* L. (obzor) Perspective strategy of using molecular markers in breeding of *Beta vulgaris* L. (review) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 71–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-71-82. (In Russian.)

Date of paper submission: 06.05.2022, **date of review:** 15.08.2022, **date of acceptance:** 09.12.2022.

References

1. Kornienko A. V., Butorina A. K. Genetika i selektsiya sakharnoy svekly *Beta vulgaris* L. [Genetics and breeding of sugar beet *Beta vulgaris* L.]. Voronezh, CNTI. 2012. 391 p. (In Russian.)
2. Fedulova T. P., Fedorin D. N. Ispol'zovanie PTsR-analiza dlya vyyavleniya geneticheskogo polimorfizma sortotipov svekly korneplodnoy *Beta Vulgaris* L. [The use of PCR analysis to identify genetic polymorphism of root beet cultivars *Beta vulgaris* L.] // Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural Sciences. 2012. No. 3 (122). Pp. 94–99. (In Russian.)
3. Khlestkina E. K. Molekulyarnye markery v geneticheskikh issledovaniyakh i v selektsii. [Molecular markers in genetic studies and breeding] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013. Vol. 17. No. 4 (2). Pp. 1044–1054. (In Russian.)
4. Smulders M., Esselink G., Danny G., Riek J., Vosman B. Characterisation of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) varieties using microsatellite markers // BMC Genetics. 2010. No. 11. Article number 41. DOI: 10.1186/1471-2156-11-41.
5. Simko I., Eujayl I., van Hintum T. J. Empirical evaluation of DArT, SNP, and SSR marker-systems for genotyping, clustering, and assigning sugar beet hybrid varieties into populations // Plant Science. 2012. No. 184. Pp. 54–62. DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.12.009.
6. Chesnokov Yu. V. Geneticheskie markery: sravnitel'naya klassifikatsiya molekulyarnykh markerov [Genetic markers: comparative classification of molecular markers] // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 3. Pp. 11–15. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-3-11-15. (In Russian.)
7. Kanukova K. R., Gazaev I. Kh., Sabanchieva L. K., Bogotova Z. I., Appaev S. P. DNK-markery v rastenievodstve [DNA Markers in crop production] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific center of RAS. 2019. No. 6 (92). Pp. 221–232. (In Russian.)
8. Sandhu K., Sarao K., Meenakshi G., Uppal S., Pritpal S., Satveer K., Jaspreet K. Profiling of sugar beet genotypes for agronomical, sugar quality and forage traits and their genetic diversity analysis using SSR markers // Electronic Journal of Plant Breeding. 2016. No. 7. Pp. 253–266. DOI: 10.5958/0975-928X.2016.00033.8.
9. Taheri S., Abdullah L., Yusop M., Hanafi M., Sahebi M., Azizi P., Shamshiri R. Mining and Development of Novel SSR Markers Using Next Generation Sequencing (NGS) Data in Plants // Molecules. 2018. No. 23. Article number 399. DOI: 10.3390/molecules23020399.
10. Spadoni A., Sion S., Gadaleta S., Savoia M., Piarulli L., Fanelli V., Rienzo V., Taranto F., Miazzi M., Montemurro C., Sabetta W. A Simple and Rapid Method for Genomic DNA Extraction and Microsatellite Analysis in Tree Plants // Journal of Agricultural Science and Technology. 2019. No. 21 (5). Pp. 1215–1226.

11. Klyachenko O. L., Prisyazhnyuk L. M. Izuchenie allel'nogo sostoyaniya mikrosatellitnykh lokusov sakharnoy svekly (*Beta vulgaris* L.) [The study of the allelic state of microsatellite loci of sugar beet (*Beta vulgaris* L.)] [e-resource] // *Zhivyye i biokosnyye sistemy*. 2014. No. 8 (5). URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-8/article-5> (date of reference: 20.02.2022). (In Russian.)
12. Holtgräwe D., Rosleff Th., Vieho P., Schneider J., Schulz B., Borchardt D., Kraft Th., Himmelbauer H., Weisshaar B. Polymorphisms and Their Application for Extending the Genetic Map of Sugar Beet (*Beta vulgaris*) // *PLOS ONE*. 2014. No. 9 (10). Pp. 1–10. DOI: 10.1371/journal.pone.0110113.
13. Dohm J. C., Minoche A. E., Holtgrawe D., Capella-Gutierrez S., Zakrzewski F. The genome of the recently domesticated crop plant sugar beet (*Beta vulgaris*) // *Nature*. 2014. No. 505. Pp. 546–549. DOI: 10.1038/nature12817.
14. Broccanello Ch., Chiodi C., Funk A., Mitchell McGrath J., Panella L., Stevanato P. Comparison of three PCR-based assays for SNP genotyping in plants // *Plant Methods*. 2018. No. 14. Article number 28. DOI: 10.1186/s13007-018-0295-6.
15. Abegg F. A. A genetic factor for the annual habit in beets and linkage relationship // *Journal of Agricultural Research*. 1936. No. 53. Pp. 493–511.
16. Tränkner C., Lemnian I. M., Emrani N., Pfeiffer N., Tiwari S. P., Kopisch-Obuch F. J. A detailed analysis of the BR1 locus suggests a new mechanism for bolting after winter in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) // *Frontiers in Plant Science*. 2016. No. 7. Article number 1662. DOI: 10.3389/fpls.2016.01662.
17. Höft N., Dally N., Hasler M., Jung Ch. Haplotype Variation of Flowering Time Genes of Sugar Beet and Its Wild Relatives and the Impact on Life Cycle Regimes // *Frontiers in Plant Science*. 2018. No. 8. Article number 2211. DOI: 10.3389/fpls.2017.02211.
18. Hanson L., Lucchi De Ch., Stevanato P., McGrath M., Panella L., Sella L., Biaggi De M., Concheri G. Root rot symptoms in sugar beet lines caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Betae* // *European Journal of Plant Pathology*. 2018. No. 150. Pp. 589–593. DOI: 10.1007/s10658-017-1302-x.
19. De Lucchi Ch., Stevanato P., Hanson L., McGrath J., Panella L., De Biaggi M., Broccanello C., Bertaggia M., Sella L., Concheri G. Molecular markers for improving control of soil-borne pathogen *Fusarium oxysporum* in sugar beet // *Euphytica*. 2017. No. 213 (3). Article number 71. DOI: 10.1007/s10681-017-1859-7.
20. Nagpure A., Choudhary B., Gupta R. Chitinases: in agriculture and human healthcare // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2014. No. 34 (3). Pp. 215–232. DOI: 10.3109/07388551.2013.790874.
21. Yerzhebayeva R., Abekova A., Konysbekov K., Bastaubayeva Sh., Kabdrahmanova A., Absattrova A., Shavrukov Y. Two sugar beet chitinase genes, BvSP2 and BvSE2, analysed with SNP Amplifluor-like markers, are highly expressed after *Fusarium* root rot inoculation and field susceptibility trial // *PeerJ*. 2018. No. 6. Pp. 2–19. DOI: 10.7717/peerj.5127.
22. Nalbandyan A. A., Fedulova T. P., Goleva G. G. PTsR-identifikatsiya gena ustoychivosti R6m-1 k kornevym nematodam sakharnoy svekly [PCR Identification of the R6m-1 gene of sugar beet resistance to root-knot nematode] // *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018. No. 2 (57). Pp. 43–48. (In Russian.)
23. Weiland J., Yu M. A Cleaved Amplified Polimorphic Sequence (CAPS) Marker Associated with Root-Knot Nematode Resistance in Sugar beet // *Crop Science*. 2003. No. 43. Pp. 1814–1818. DOI: 10.2135/cropsci2003.1814.
24. Bakooie M., Pourjam E., Mahmoudi S., Safaie N., Naderpour M. Development of an SNP Marker for Sugar Beet Resistance/Susceptible Genotyping to Root-Knot Nematode // *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2015. No. 17. Pp. 443–454.
25. Ghaemir R., Pourjam E., Safaie N. Molecular insights into the compatible and incompatible interactions between sugar beet and the beet cyst nematode // *BMC Plant Biology*. 2020. No. 20. Article number 483. DOI: 10.1186/s12870-020-02706-8.
26. Norouzi P, Stevanato P, Mahmoudi S., Fasahat P., Biancardi E. Molecular Progress in Sugar Beet Breeding for Resistance to Biotic Stresses in Sub-Arid Conditions-Current Status and Perspectives // *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2017. No. 20 (2). Pp. 99–105. DOI: 10.1007/s12892-016-0090-0.
27. Tamada T., Schmitt C., Saito M., Guilley H., Richards K., Jonard G. High resolution analysis of the read through domain of beet necrotic yellow vein virus read through protein: a KTER motif is important for efficient transmission of the virus by *Polymyxa betae* // *Journal of General Virology*. 1996. No. 77. Pp. 1359–1367.
28. Tamada T., Uchino Y., Kusume T., Iketani-Saito M., Chiba S., Andika I., Kondo H. Pathogenetic roles of beet necrotic yellow vein virus RNA5 in the exacerbation of symptoms and yield reduction, development of scab-like symptoms, and Rz1-resistance breaking in sugar beet // *Plant Pathology*. 2021. No. 70. Pp. 219–232. DOI: 10.1111/ppa.13266.
29. Biancardi E., Lewellen R., Biaggi M., Erichsen A., Stevanato P. The origin of rhizomania resistance in sugar beet // *Euphytica*. 2002. No. 127. Pp. 383–397.

30. Stevanato P., Biaggi M., Broccanello Ch., Biancardi E., Saccomani M. Molecular genotyping of “Rizor” and “Holly” rhizomania resistances in sugar beet // *Euphytica*. 2015. No. 206. Pp. 427–431. DOI: 10.1007/s10681-015-1503-3.
31. Litwiniec A., Goška M., Choińska B., Kuźdowicz M., Łukanowski A., Skibowska B. Evaluation of rhizomania-resistance segregating sequences and overall genetic diversity pattern among selected accessions of Beta and Patellifolia. Potential implications of breeding for genetic bottlenecks in terms of rhizomania resistance // *Euphytica*. 2016. No. 207. Pp. 685–706. DOI: 10.1007/s10681-015-1570-5.
32. Amiri R., Mesbah M., Moghaddam M., Bihanta S., Mohammadi A., Norouzi P. A new RAPD marker for beet necrotic yellow vein virus resistance gene in Beta vulgaris // *Biologia Plantarum*. 2009. No. 53. Pp. 112–119.
33. Fegghi A., Norouzi P., Saidi A., Zamani K., Amiri R. Identification of SCAR and RAPD markers linked to Rz1 gene in Holly sugar beet using BSA and two genetic distance estimation methods [e-resource] // *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2012. No. 3 (1). Pp. 598–605. URL: <https://doaj.org/article/205c7ea5994542b287c276aef860c828> (date of reference: 20.02.2022).
34. Litwiniec A., Łukanowski A., Goška M. RNA silencing mechanisms are responsible for outstanding resistance of some wild beets against rhizomania. A preliminary evidence-based hypothesis // *Journal of Animal and Plant Sciences*. 2014. No. 21. Pp. 3273–3292.
35. Jin H., Dong D., Yang Q., Zhu D. Salt-responsive transcriptome profiling of Suaeda glauca via RNA sequencing // *PLOS ONE*. 2016. No. 11. Article number 0150504. DOI:10.1371/journal.pone.0150504.
36. Ali Sh., Rizwan M., Qayyum M., Sik-Ok Y., Ibrahim M., Riaz M., Arif M., Hafeez F., Al-Wabel M., Shahzad A. Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review // *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. No. 24. Pp. 12700–12712. DOI: 10.1007/s11356-017-8904-x.
37. Wedeking R., Mahlein A.-K., Steiner U., Oerke E.-C., Goldbach H. E., Wimmer M. A. Osmotic adjustment of young sugar beets (Beta vulgaris) under progressive drought stress and subsequent rewatering assessed by metabolite analysis and infrared thermography // *Functional Plant Biology*. 2017. No. 44. Pp. 119–133. DOI: 10.1071/FP16112.
38. Geng G., Chunhua L., Stevanato P., Li R., Liu H., Yu L., Wang Y. Transcriptome Analysis of Salt-Sensitive and Tolerant Genotypes Reveals Salt-Tolerance Metabolic Pathways in Sugar Beet // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. No. 20 (23). Article number 5910. DOI: 10.3390/ijms20235910.
39. Rodríguez-Rosales M., Gálvez F., Huertas R., Aranda M., Baghour M., Cagnac O., Venema K. Plant NHX cation/proton antiporters // *Plant Signaling & Behavior*. 2009. No. 4 (4). Pp. 265–276. DOI: 10.4161/psb.4.4.7919.
40. Adler G., Blumwald E., Bar-Zvi D. The sugar beet gene encoding the sodium/proton exchanger 1 (BvNHX1) is regulated by a MYB transcription factor // *Planta*. 2010. No. 232. Pp. 187–195. DOI: 10.1007/s00425-010-1160-7.
41. Gui G., Chunhua L., Stevanato P., Li R., Liu H., Yu L., Wang Y. Transcriptome Analysis of Salt-Sensitive and Tolerant Genotypes Reveals Salt-Tolerance Metabolic Pathways in Sugar Beet // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. No. 20 (23). Article number 5910. DOI: 10.3390/ijms20235910.
42. Liu L., Wang B., Liu D., Zou Ch., Wu P., Wang Z., Wang Y., Li C. Transcriptomic and metabolomic analyses reveal mechanisms of adaptation to salinity in which carbon and nitrogen metabolism is altered in sugar beet roots // *BMC Plant Biology*. 2020. No. 20. Article number 138. DOI: 10.1186/s12870-020-02349-9.
43. Erbasol I., Ozan Bozdag G., Koc A., Pedas P., Karakaya H. Characterization of two genes encoding metal tolerance proteins from Beta vulgaris subspecies maritima that confers manganese tolerance in yeast // *Biomaterials* Springer. 2013. No. 26. Pp. 795–804. DOI: 10.1007/s10534-013-9658-7.
44. Ricachenevsky F., Menguer P., Sperotto R., Williams L., Fett J. Roles of plant metal tolerance proteins (MTP) in metal storage and potential use in biofortification strategies // *Frontiers in Plant Science*. 2013. No. 4. Article number 144. DOI: 10.3389/fpls.2013.00144.
45. Viehweger K. How plants cope with heavy metals // *Botanical Studies*. 2014. No. 55. Article number 35. DOI: 10.1186/1999-3110-55-35.
46. Oshevnev V. P., Gribova N. P., Vasil'chenko E. N., Berdnikov R. V. Stabilizatsiya priznaka odnosemyanosti pri sozdanii komponentov gibridov sakharnoy svekly [Stabilization of the monogermity trait when developing sugar beet hybrid components] // *Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018. No. 20 (2). Pp. 186–191. (In Russian.)
47. Hemayati S., Taleghani D., Shahmoradi Sh. Effects of steckling weight and planting density on sugar beet (Beta vulgaris L.) monogerm seed yield and qualitative traits // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2008. No. 11 (2). Pp. 226–231. DOI: 10.3923/pjbs.2008.226.231.
48. Amiri R., Sarafraz E., Sadat Noori S., Norouzi P., Seyedmohammadi N. A new molecular marker linked to gene for monogermity in sugar beet (Beta vulgaris L.) // *Romanian Agricultural Research*. 2011. No. 28. Pp. 95–101.
49. Bragin A. G., Ivanov M. K., Fedoseeva L. A., Dymshits G. M. Analiz geteroplazmaticheskogo sostoyaniya mitokhondrial'noy DNK fertil'nykh i muzhskosteril'nykh rasteniy sakharnoy svekly (Beta vulgaris) [Analysis of

mitochondrial DNA heteroplasmy of fertile and male-sterile sugar beet plants (*Beta vulgaris*) // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2011. No. 15 (3). Pp. 585–590. (In Russian.)

50. Fedulova T. P., Nalbandyan A. A., Duvanova T. N. Skrining iskhodnykh materialov sakharnoy svekly na nalichie minisatellitnykh lokusov TRs, svyazannykh s TsMS [Monitoring of sugar beet initial materials for presence of minisatellite TRs loci related to CMS] // Sahar. 2022. No. 3. Pp. 38–42. DOI: 10.24412/2413-5518-2022-3-38-41. (In Russian.)

51. Nishizawa S., Kubo T., Mikami T. Variable number of tandem repeat loci in the mitochondrial genomes of beets // Current Genetics. 2000. No. 37. Pp. 34–38. DOI: 10.1007/s002940050005.

52. Xia H., Zhao W., Shi Y., Wang X., Wang B. Microhomologies Are Associated with Tandem Duplications and Structural Variation in Plant Mitochondrial Genomes // Genome Biology and Evolution. 2020. No. 12 (11). Pp. 1965–1974. DOI: 10.1093/gbe/evaa/172.

53. Khussey A. S., Nalbandyan A. A., Fedulova T. P., Cherepukhina I. V., Kryukova T. I., Mikheeva N. R., Rudenko T. S. Novye polimorfizmy v gene BTC1 sakharnoy svekly. [New Nucleotide Polymorphisms in the BTC1 gene of Sugar Beet] // Biotechnology. 2020. No. 36 (6). Pp. 66–71. DOI: 10.21519/0234-2758-2020-36-6-66-71. (In Russian.)

54. Khussey A. S., Mikheeva N. R., Nalbandyan A. A., Cherkasova N. N. Skrining rasteniy-regenerantov sakharnoy svekly na nalichie gena ustoychivosti k tyazhelym metallam MTP4. [Screening of Sugar Beet Regenerants for the Heavy Metal Resistance MTP4 Gene] // Biotechnology. 2021. No. 37 (4). Pp. 14–19. DOI: 10.21519/0234-2758-2021-37-4-14-19. (In Russian.)

55. Nalbandyan A. A., Khussey A. S., Fedulova T. P., Rudenko T. S., Mikheeva N. R., Selivanova G. A. Izucheniye gena kisloy khitinazy SE2 v genotipakh sakharnoy svekly [Studying of the acid chitinase SE2 gene in sugar beet genotypes] // Agrarian Science. 2021. No. 348 (4). Pp. 88–90. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-348-4-88-90. (In Russian.)

56. Nalbandyan A. A., Hussein A. S., Fedulova T. P., Cherepukhina I. V., Kryukova T. I., Rudenko T. S., Mikheeva N. R., Moiseenko A. V. Differentiation of Sugar Beet Varieties Using SSR Markers: A Tool to Create Promising Hybrids // Russian Agricultural Sciences. 2020. No. 46 (5). Pp. 442–446. DOI: 10.3103/S1068367420050146.

57. Khussey A. S., Nalbandyan A. A., Fedulova T. P., Kryukova T. I., Fomina A. S., Moiseenko A. V. Nukleotidnye zameny v gene ustoychivosti k gallovym nematodam sakharnoy svekly [Nucleotide substitutions in the resistance gene to root-knot nematodes in sugar beet] // Agrarian Science. 2022. No. 355 (1). Pp. 110–113. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-355-1-110-113. (In Russian.)

Author's information:

Tatyana P. Fedulova¹, doctor of biological sciences, leading researcher, laboratory of marker-based selection, ORCID 0000-0002-8226-2594, AuthorID 460741; +7 903 030-79-59, masselect@mail.ru

Akhmad S. Hussein¹, candidate of biological sciences, senior researcher, laboratory of marker-based selection, ORCID 0000-0002-2427-3279, AuthorID 741179; +7 920 216-03-78, ahmad_saadoon@yahoo.com

Arpine A. Nalbandyan¹, candidate of biological sciences, senior researcher, head of the laboratory of marker-based selection, ORCID 0000-0001-5959-047X, AuthorID 761543; +7 951 871-27-60, arpnal@rambler.ru

¹All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A. L. Mazlumov, VNIISS, Russia

Сравнение результативности молочного скотоводства хозяйств населения и самозанятых на основе построения проектной бизнес-модели

О. Г. Афанасьева¹✉, В. А. Ельмов², С. П. Филиппова¹

¹ Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

² Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

✉ E-mail: olesyafanaseva@gmail.com

Аннотация. Цель исследования. Уровень товарности молока в хозяйствах населения части субъектов Приволжского федерального округа с 2011 по 2021 г. увеличился более чем на 20 п. п. Лидером в этом рейтинге стала Чувашская Республика с товарностью молока в хозяйствах населения в 2021 г. на уровне 77,5 %. В связи с высоким вовлечением населения субъекта в организованный рынок сбыта молока авторами была поставлена цель разработать экономико-математическую модель (ЭММ) расчета уровня результативности молочного скотоводства в хозяйствах населения Чувашской Республики при различных условиях их хозяйствования. **Методы.** Разрабатываемая экономико-математическая модель построена по структуре экономической модели автоматизации расчетов бизнес-концепций малого агробизнеса, представленной в более ранней работе авторов, с адаптацией к условиям деятельности хозяйств населения Чувашской Республики. **Научная новизна.** Работа позволяет установить наиболее оптимальные варианты ведения молочного скотоводства в зависимости от целей хозяйствования: оптимизация или расширение производства. **Результаты.** ЭММ позволила рассчитать, что при текущих условиях ведения деятельности и средне-региональных ценах на молоко и телят содержание одной коровы при среднестатистическом уровне товарности молока (77,5 %) и отсутствии дополнительных капитальных вложений принесет аграрию прибыль около 7 тыс. руб./мес, двух коров – до 15 тыс. руб./мес, трех коров – до 23 тыс. руб./мес и т. д. По итогам расчетов было установлено, что максимально результативным и стимулирующим к развитию хозяйствования является вариант перехода агрария на уплату НПД и применение предусмотренной для самозанятых государственной поддержки. Чем больше хозяйство и чем больше инвестиционных вложений планирует произвести аграрий, тем больше будет отдача от государственной поддержки. Сумма рентабельности в отдельных случаях превышает 100 %. Однако необходимо учитывать целесообразность привлечения средств исходя из здравого смысла, а не только оперируя математическими расчетами.

Ключевые слова: молочное скотоводство, хозяйства населения, организация производства, самозанятые, налог на профессиональный доход, расчетная модель, проектная бизнес-модель, экономико-математическая модель, повышение доходов на селе.

Для цитирования: Афанасьева О. Г., Ельмов В. А., Филиппова С. П. Сравнение результативности молочного скотоводства хозяйств населения и самозанятых на основе построения проектной бизнес-модели // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 83–97. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-83-97.

Дата поступления статьи: 02.12.2022, **дата рецензирования:** 22.12.2022, **дата принятия:** 12.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года (ВСХП-2016), на долю хозяйств населения России приходилось 9,0 % общей площади сельскохозяйственных угодий и 35,4 % валового производства продукции сельского хозяйства [1]. По Чувашской Республике эти показатели еще выше [2].

В регионе доля хозяйств населения в удельном весе производства продукции как растениеводства, так и животноводства имеет существенное значение (рис. 1 и 2).

Вклад частных подворий в производство продукции растениеводства по данным 2021 г. составил 43,1 % (что выше удельного веса хозяйств населения в общем объеме производства 9 субъектов округа из 14), животноводства – 38,0 % (выше показателей 8 субъектов округа).

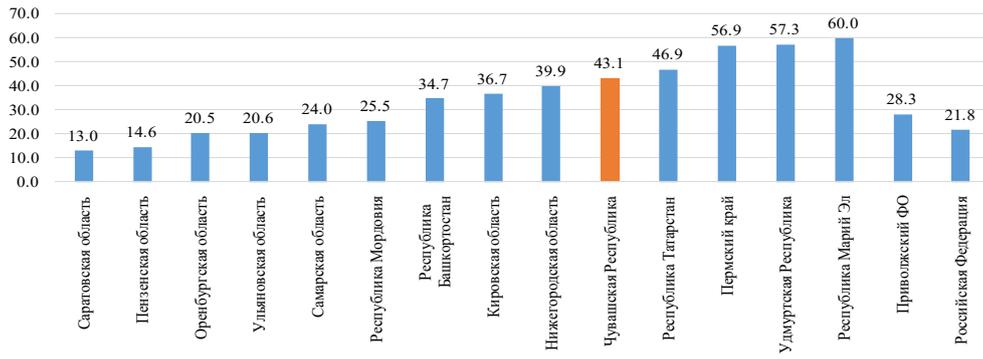


Рис. 1. Удельный вес хозяйств населения в производстве продукции растениеводства, 2021 г., %
Источник: Росстат

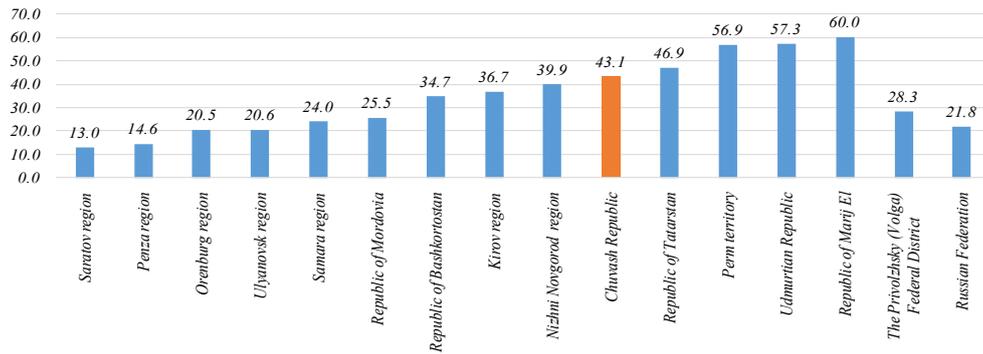


Fig. 1. The share of households in crop production, 2021, %
Source: Federal State Statistics Service of the Russian Federation

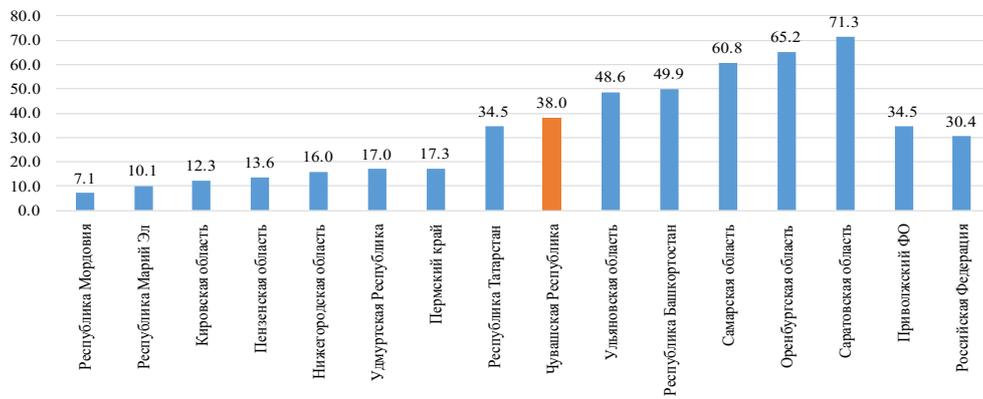


Рис. 2. Удельный вес хозяйств населения в производстве продукции животноводства, 2021 г., %
Источник: Росстат

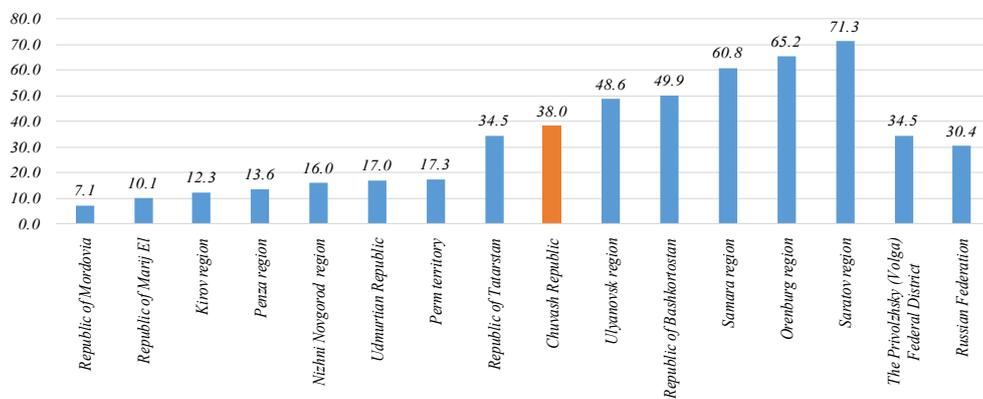


Fig. 2. The share of households in the production of livestock products, 2021, %
Source: Federal State Statistics Service of the Russian Federation

Динамика уровня товарности продукции растениеводства в хозяйствах всех категорий Чувашской Республики

Продукция	Уровень товарности, %					Динамика, п. п.		
	2011	2016	2019	2020	2021	2021 к 2019	2021 к 2016	2021 к 2011
Зерно								
СХО	39,9	44,9	38,2	44,1	61,7	+23,5	+16,8	+21,9
Хозяйства населения	2,0	2,0	13,8	15,7	14,9	+1,1	+12,9	+12,9
К(Ф)Х	32,3	34,7	40,8	30,5	29,4	-11,5	-5,3	-2,9
Картофель								
СХО	35,0	63,3	55,2	53,4	59,3	+4,1	-4,0	+24,3
Хозяйства населения	13,6	14,6	17,8	20,0	17,6	-0,2	+3,0	+4,0
К(Ф)Х	23,8	46,9	35,7	38,9	36,3	+0,6	-10,6	+12,5
Овощи								
СХО	61,1	83,3	89,9	85,6	96,3	+6,4	+12,9	+35,2
Хозяйства населения	12,7	10,4	10,1	10,1	10,1	+0,0	-0,3	-2,6
К(Ф)Х	20,2	38,7	35,9	35,8	40,0	+4,2	+1,3	+19,8

Источник: Росстат.

Table 1

Dynamics of the level of marketability of crop products in farms of all categories of the Chuvash Republic

Products	Marketability, %					Dynamics, p. p.		
	2011	2016	2019	2020	2021	2021 to 2019	2021 to 2016	2021 to 2011
Corn								
<i>Agricultural organizations</i>	39.9	44.9	38.2	44.1	61.7	+23.5	+16.8	+21.9
<i>Households</i>	2.0	2.0	13.8	15.7	14.9	+1.1	+12.9	+12.9
<i>Peasant farms</i>	32.3	34.7	40.8	30.5	29.4	-11.5	-5.3	-2.9
Potato								
<i>Agricultural organizations</i>	35.0	63.3	55.2	53.4	59.3	+4.1	-4.0	+24.3
<i>Households</i>	13.6	14.6	17.8	20.0	17.6	-0.2	+3.0	+4.0
<i>Peasant farms</i>	23.8	46.9	35.7	38.9	36.3	+0.6	-10.6	+12.5
Vegetables								
<i>Agricultural organizations</i>	61.1	83.3	89.9	85.6	96.3	+6.4	+12.9	+35.2
<i>Households</i>	12.7	10.4	10.1	10.1	10.1	+0.0	-0.3	-2.6
<i>Peasant farms</i>	20.2	38.7	35.9	35.8	40.0	+4.2	+1.3	+19.8

Source: Federal State Statistics Service of the Russian Federation.

В развитии хозяйств населения немаловажную роль играет уровень их вовлеченности в организованный рынок сбыта продукции [3–5]. Анализ динамики уровня товарности продукции растениеводства региона с 2011 по 2021 г. отражает существенное увеличение доли реализованной продукции по зерновым культурам (+12,9 п. п. в 2021 г. по сравнению с 2011 г.), картофелю (+4,0 п. п.), а по овощам наблюдается спад (-2,6 п. п.) (таблица 1).

При анализе динамики товарности продукции животноводства в частных подворьях было установлено, что за оцениваемый период удельный вес реализованного молока значительно увеличился, рост составил +22,3 п. п., уровень товарности в 2021 году достиг 77,5 % (таблица 2).

Также стоит отметить увеличение уровня товарности скота и птицы (+7,6 %), доля реализованных яиц при этом существенно не меняется.

Несмотря на то что за период с 2011 по 2021 г. товарность молока выросла почти во всех субъектах Приволжского федерального округа, за исключением Республики Башкортостан (-1 % за указанный период), есть регионы, которые получили прорывные результаты в увеличении уровня товарности молока, повысив показатель более чем на 20 %, а именно Кировская область (+27,9 %), Удмуртская Республика (+26,6 %), Республика Марий Эл (+25,9 %), Ульяновская область (+25,6 %), Пензенская область (+23,3 %) и Чувашская Республика (+22,3 %) (таблица 3). При этом авторы считают целесообразным отметить, что вопрос об уровне самообеспеченности граждан молоком в данной работе не исследовался.

Безусловным лидером по уровню товарности молока в Приволжском федеральном округе в 2021 году стала Чувашская Республика с показателем на уровне 77,5 % – это рекордное значение для региона.

Таблица 2

Динамика уровня товарности продукции животноводства в хозяйствах всех категорий Чувашской Республики

Экономика

Продукция	Уровень товарности, %					Динамика, п. п.		
	2011	2016	2019	2020	2021	2021 к 2019	2021 к 2016	2021 к 2011
Скот и птица (в живом весе)								
СХО	100,0	101,4	85,4	101,2	100,9	+15,5	-0,5	+0,9
Хозяйства населения	34,2	44,3	38,3	38,5	41,8	+3,5	-2,5	+7,6
К(Ф)Х	85,8	98,9	101,6	102,9	103,0	+1,4	+4,1	+17,2
Молоко								
СХО	92,9	93,0	93,7	94,6	94,2	+0,5	+1,3	+1,4
Хозяйства населения	55,2	61,8	59,0	68,5	77,5	+18,5	+15,7	+22,3
К(Ф)Х	76,9	86,9	88,1	88,0	89,5	+1,4	+2,6	+12,6
Яйца								
СХО	92,7	83,1	91,9	93,0	91,9	≈	+8,8	-0,9
Хозяйства населения	1,9	2,9	2,9	2,9	2,9	-0,1	≈	+1,0
К(Ф)Х	61,6	84,5	94,3	94,9	97,1	+2,8	+12,6	+35,5

Источник: Росстат.

Table 2

Dynamics of the level of marketability of livestock products in farms of all categories of the Chuvash Republic

Products	Marketability, %					Dynamics, p. p.		
	2011	2016	2019	2020	2021	2021 to 2019	2021 to 2016	2021 to 2011
Cattle and poultry								
Agricultural organizations	100.0	101.4	85.4	101.2	100.9	+15.5	-0.5	+0.9
Households	34.2	44.3	38.3	38.5	41.8	+3.5	-2.5	+7.6
Peasant farms	85.8	98.9	101.6	102.9	103.0	+1.4	+4.1	+17.2
Milk								
Agricultural organizations	92.9	93.0	93.7	94.6	94.2	+0.5	+1.3	+1.4
Households	55.2	61.8	59.0	68.5	77.5	+18.5	+15.7	+22.3
Peasant farms	76.9	86.9	88.1	88.0	89.5	+1.4	+2.6	+12.6
Eggs								
Agricultural organizations	92.7	83.1	91.9	93.0	91.9	≈	+8.8	-0.9
Households	1.9	2.9	2.9	2.9	2.9	-0.1	≈	+1.0
Peasant farms	61.6	84.5	94.3	94.9	97.1	+2.8	+12.6	+35.5

Source: Federal State Statistics Service of the Russian Federation.

Таблица 3*

Динамика уровня товарности молока в хозяйствах населения Приволжского федерального округа

Регион	Уровень товарности молока, %					Динамика, п. п.		
	2011	2016	2019	2020	2021	2021 к 2019	2021 к 2016	2021 к 2011
Российская Федерация	31,8	35,8	37,3	37,6	38,2	+0,9	+2,4	+6,4
Приволжский ФО	30,4	36,6	38,4	38,7	39,7	+1,3	+3,1	+9,3
Республика Башкортостан	18,1	18,3	17,7	18,2	17,2	-0,5	-1,2	-1,0
Республика Марий Эл	25,4	51,2	51,2	51,2	51,3	≈	≈	+25,9
Республика Мордовия	38,1	36,0	34,5	47,2	43,7	+9,2	+7,8	+5,6
Республика Татарстан	38,0	50,7	50,7	52,1	53,1	+2,4	+2,3	+15,0
Удмуртская Республика	29,8	50,9	52,6	55,4	56,3	+3,7	+5,4	+26,6
Чувашская Республика	55,2	61,8	59,0	68,5	77,5	+18,5	+15,7	+22,3
Пермский край	9,9	11,5	12,0	12,4	12,0	+0,0	+0,6	+2,1
Кировская область	17,3	33,1	45,9	45,9	45,2	-0,7	+12,1	+27,9
Нижегородская область	33,4	44,9	47,9	45,1	44,7	-3,2	-0,1	+11,4
Оренбургская область	24,9	28,4	33,4	33,3	33,2	-0,2	+4,8	+8,3
Пензенская область	50,2	39,3	44,9	46,0	73,5	+28,6	+34,2	+23,3
Самарская область	27,7	25,0	35,0	34,8	36,0	+1,0	+11,0	+8,3
Саратовская область	31,3	51,3	53,3	48,1	45,0	-8,3	-6,3	+13,7
Ульяновская область	18,0	35,0	41,0	40,8	43,6	+2,6	+8,6	+25,6

* Показатели рассчитаны по данным Росстата.

Table 3^{*}
Dynamics of the level of marketability of milk in the households of the population of the Volga Federal District

Region	Marketability level of milk, %					Dynamics, p. p.		
	2011	2016	2019	2020	2021	2021 to 2019	2021 to 2016	2021 to 2011
Russian Federation	31.8	35.8	37.3	37.6	38.2	+0.9	+2.4	+6.4
Volga Federal District	30.4	36.6	38.4	38.7	39.7	+1.3	+3.1	+9.3
Republic of Bashkortostan	18.1	18.3	17.7	18.2	17.2	-0.5	-1.2	-1.0
Republic of Mari El	25.4	51.2	51.2	51.2	51.3	≈	≈	+25.9
Republic of Mordovia	38.1	36.0	34.5	47.2	43.7	+9.2	+7.8	+5.6
Republic of Tatarstan	38.0	50.7	50.7	52.1	53.1	+2.4	+2.3	+15.0
Udmurt Republic	29.8	50.9	52.6	55.4	56.3	+3.7	+5.4	+26.6
Chuvash Republic	55.2	61.8	59.0	68.5	77.5	+18.5	+15.7	+22.3
Perm krai	9.9	11.5	12.0	12.4	12.0	+0.0	+0.6	+2.1
Kirov region	17.3	33.1	45.9	45.9	45.2	-0.7	+12.1	+27.9
Nizhny Novgorod region	33.4	44.9	47.9	45.1	44.7	-3.2	-0.1	+11.4
Orenburg region	24.9	28.4	33.4	33.3	33.2	-0.2	+4.8	+8.3
Penza region	50.2	39.3	44.9	46.0	73.5	+28.6	+34.2	+23.3
Samara region	27.7	25.0	35.0	34.8	36.0	+1.0	+11.0	+8.3
Saratov region	31.3	51.3	53.3	48.1	45.0	-8.3	-6.3	+13.7
Ulyanovsk region	18.0	35.0	41.0	40.8	43.6	+2.6	+8.6	+25.6

* The indicators are calculated according to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation.

Традиционно в субъекте, где значительный удельный вес сельского населения (37,5 % – это самый высокий показатель по Приволжскому федеральному округу [6]), развито выращивание крупного рогатого скота, в том числе коров, и производство молока.

Несмотря на снижение поголовья коров в хозяйствах населения региона, увеличиваются показатели продуктивности. Ведение деятельности в частных подворьях становится все более предусмотрительным, а вопросы организации и управления развитием производства продукции молочного скотоводства решаются на основе методологических подходов [7]. Улучшение кормовой базы, условий содержания скота, обеспечение качества получаемой продукции становятся основой хозяйствования [8]. Техническое и технологическое обеспечение всех процессов производства – начиная от содержания коров, доения и заканчивая хранением молока – также являются неотъемлемыми аспектами эффективности отрасли [9; 10]. Однако, как отмечают некоторые ученые, инновационный подход к развитию молочного скотоводства все еще имеет точечный характер, несмотря на то что именно такой путь развития является главным фактором формирования конкурентоспособности и устойчивого развития отрасли [11; 12].

С учетом значимости отрасли для хозяйств населения правительство Чувашской Республики всячески поддерживает развитие направления, в том числе субсидируя затраты на содержание коров в личных подворьях.

С 2022 г. дополнительная государственная поддержка в регионе начала функционировать для граждан, ведущих личное подсобное хозяйство и зарегистрированных в качестве самозанятых. К примеру, самозанятым, содержащим коров и реализующим молоко, возмещают затраты на содержание молочных коров (нетелей) в части применения федерального направления государственной поддержки; возмещают расходы на покупку коров, техники и на приобретение семени быков-производителей – в части республиканского направления. Условия, цели и механизмы государственной поддержки самозанятых описаны в постановлении Кабинета министров Чувашской Республики от 26 октября 2018 г. № 433 «О государственной программе Чувашской Республики „Развитие сельского хозяйства и регулирование рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Чувашской Республики“».

Самозанятыми условно называют плательщиков налога на профессиональный доход (НПД). Для самозанятых предусмотрены две ставки на профессиональный доход: 4 % – доход от работы с физическими лицами; 6 % – на доход от сотрудничества с юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями. При этом необходимо учитывать, что статус самозанятого можно получить если есть свое дело, нет наемных работников и профессиональный доход составляет не выше 2,4 млн руб. в год.

Исследователи, посвятившие свои труды изучению эффективности применения НПД, перечислили несколько весомых причин для получения гражданами статуса самозанятого, а именно:

- 1) наличие официального подтвержденного дохода;
- 2) избежание штрафов и судебных разбирательств;
- 3) возможность получения государственных субсидий;
- 4) доступность займов, аренды помещений в коворкингах и бизнес-инкубаторах на льготных условиях;
- 5) преимущество пользоваться услугами государственного центра поддержки предпринимателей «Мой бизнес»;
- 6) возможность найти новых клиентов, что часто недоступно физическим лицам, и др. [13–15].

При этом часть авторов также выделяет ряд недостатков для физических лиц, зарегистрированных в качестве плательщиков НПД. К примеру, если гражданин имеет только статус самозанятого, то отсутствие ежегодного отпуска, невозможность рассчитывать на механизмы защиты от безработицы, низкий уровень доходов могут явиться существенными недостатками [16; 17].

Таким образом, существуют разные мнения ученых по поводу эффективности применения гражданами указанного специального налогового режима. Для точного определения уровня эффективности или неэффективности регистрации граждан, занятых производством и реализацией молока, в качестве самозанятых нами построена проектная бизнес-модель (ЭММ), дающая возможность рассчитать результативность деятельности хозяйств при разных факторных данных. Подставляя в разработанную авторами ЭММ информацию о размерах хозяйства, объемах понесенных затрат, сроках и ценах реализации продукции, можно оценить эффективность хозяйственной деятельности агрария при разных смоделированных условиях его хозяйствования. Также можно рассчитать результативность деятельности гражданина при условии оформления в качестве самозанятого и применения им предлагаемых в регионе мер государственной поддержки.

Таким образом, целью научной работы стало создание работающего калькулятора (ЭММ), позволяющего рассчитать уровень эффективности ведения молочного скотоводства в хозяйствах населения. Тема становится все более актуальной в свете увеличивающегося объема товарного молока, производимого частными подворьями, а также с появлением с 2022 г. возможности регистрации аграрий в качестве плательщиков НПД.

Методология и методы исследования (Methods)

Разрабатываемая экономико-математическая модель построена по структуре экономической модели автоматизации расчетов бизнес-концепций малого агробизнеса, представленной в более ранней работе авторов [18]. Однако указанная модель была адаптирована для выполнения определенных

точных функций, а именно расчета результативности молочного скотоводства хозяйств населения и самозанятых Чувашской Республики. В этой связи из-за отсутствия необходимости упразднены отдельные блоки, а именно разделение показателей на факторные и результативные, группировка статей затрат. При этом наиболее полно отражены движение скота и направления субсидирования отрасли в Чувашской Республике, что позволило рассчитать точные показатели рентабельности ведения хозяйства гражданами, являющимися плательщиками НПД, и без него.

На первом этапе в качестве инструментария для проведения расчетов и выстраивания цепочек связи между показателями была использована программа MS Excel. Далее бизнес-модель была сконструирована в формате веб-сервиса для возможности организации онлайн-доступа к расчетам. В расчетную модель проставлены актуальные данные по ставкам субсидий, принятым в Чувашской Республике, для автоматического расчета показателей эффективности использования государственной поддержки в молочной отрасли.

Все показатели ЭММ делятся на четыре группы:

- 1) предоставляемые пользователем;
- 2) внесенные авторами нормативные и среднерегиональные данные;
- 3) расчетные показатели;
- 4) итоговые данные.

Группу 1 составляют несколько параметров, вносимых пользователем в ЭММ, а именно:

- 1) отражение информации о размерах хозяйства (поголовье коров и телят);
- 2) стоимость и количество закупаемых коров/нетелей в основное стадо, а также стоимость и количество приобретаемой техники и транспорта в разрезе их видов, к примеру, косилок, погрузчиков, раздатчиков кормов, дробилок, доильного оборудования, оборудования для переработки молока и прочее;
- 3) для расчета операционных расходов пользователям ЭММ необходимо указать удельный вес собственных и покупных кормов в рационе, их стоимость при условии осуществления закупок, а также величину расходов на ветеринарное сопровождение и приобретение семени племенных быков-производителей при необходимости; сроки содержания телят до продажи;

4) для расчета выхода продукции и доходности хозяйствования пользователям необходимо указать следующие параметры: суточная продуктивность коров, уровень товарности и цена реализации молока.

В группу 2 входят нормативы расхода кормов, рассчитанные на коров и на молодняк, а именно,

- 1) на 1 корову предусмотрены корма на год в объеме:

- грубые (силос, сенаж, солома, сено) – 3500 кг;
- концентрированные – 1400 кг;
- 2) на 1 голову молодняка в сутки:
 - грубые (силос, сенаж, солома, сено) – 4,6 кг;
 - концентрированные – 3,3 кг.

Нормативные показатели были определены группой ученых Чувашского ГАУ на основе изучения современных аспектов кормления молочных коров [19] и проведенных исследований по дифференцированному кормлению [20].

На первом этапе расчета ЭММ стоимость продажи телят в зависимости от их возраста является заданной величиной, авторами был проведен экспресс-анализ основных цен, которые предлагают на региональном рынке продавцы телят. Цены проанжированы в зависимости от возраста молодняка и имеют следующие значения: стоимость телят в 1 мес. составляет 12 тыс. руб., 2 мес. – 14 тыс. руб., 3 мес. – 16 тыс. руб., 4 мес. – 18 тыс. руб., 5 мес. – 20 тыс. руб., 6 мес. – 30 тыс. руб., 7 мес. – 35 тыс. руб., 8 мес. – 40 тыс. руб., 9 мес. – 45 тыс. руб., 10 мес. – 50 тыс. руб., 11 мес. – 50 тыс. руб., 12 мес. – 50 тыс. руб.

Прочие расходы включены в группу операционных расходов и приняты в размере 7 % от стоимости расхода на корма.

Ставки субсидий предусмотрены в соответствии с приказом Министерства сельского хозяйства Чувашской Республики «Об утверждении ставок субсидий на поддержку граждан, ведущих личное подсобное хозяйство и применяющих специальный налоговый режим „Налог на профессиональный доход“» от 16.06.2022 № 130.

На содержание коров (нетелей) при наличии в хозяйстве одной коровы предусмотрена субсидия в размере 5 500 руб/гол, при содержании двух коров – 6 500 руб/гол, при трех и более – 7 500 руб/гол, но не более 50 000 руб. на одно хозяйство.

На приобретение до двух голов коров, возраст которых не превышает 4 лет на момент приобретения, и/или нетелей предусмотрены компенсации до 70 000 руб/гол, но не более 99 % затрат.

Также можно возместить 40 % расходов на приобретение сельскохозяйственной техники и оборудования, к примеру, тракторов мощностью до 90 л. с., борон, рыхлителей, культиваторов, сеялок, сажалок, косилок, пресс-подборщиков, погрузчиков, разбрасывателей органических удобрений, раздатчиков, дробилок, смесителей кормов, доильного оборудования, оборудования для переработки молока и т. д. – перечень содержит всего 17 пунктов видов техники, транспорта и оборудования.

Приобретение семени быков-производителей компенсируется в размере 90 % стоимости затрат.

Группа 3 – расчетные показатели. На основе введенных пользователем ЭММ данных и принятых нормативов вычисляются инвестиционные и опе-

рационные расходы, выход продукции и выручку от реализации молока и телят, размеры возможных субсидий, сумму налога (НПД) и прибыли от деятельности с учетом и без учета использования государственной поддержки.

Как уже отмечалось ранее, стоимость кормов аграрий указывает самостоятельно, при этом есть возможность выбора: собственные это корма или покупные. Стоимость собственных кормов, так же как и количество затраченных трудонедней, не учитывается в статье «Расходы». В операционные расходы, кроме стоимости затрат на корма животных, включены стоимость приобретения семени племенных быков-производителей, расходы на ветеринарное сопровождение и прочие расходы в расчете 7 % от стоимости расходов на корма.

Калькулятор предусматривает вычет 10 000 руб. при расчетах НПД. С помощью указанного бонуса налоговая ставка по доходу, полученному самозанятым налогоплательщиком от физических лиц, будет автоматически уменьшена с 4 % до 3 %, по доходу, полученному от юридических лиц, – с 6 % до 4 %. В ЭММ применяется ставка НПД в размере 6 %, так как подразумевается, что аграрий сдает молоко юридическому лицу или ИП.

Группа 4 – результативные показатели, в качестве которых отдельно выведены следующие данные: общая выручка от продаж, затраты с разбивкой на инвестиционные и операционные, государственная поддержка с разбивкой на возмещение инвестиционных и операционных затрат, суммы налогов (НПД) и прибыли с учетом применения субсидий, без субсидий и без уплаты налогов.

Результаты (Results)

По структуре, представленной в предыдущем разделе, проведены расчеты эффективности ведения молочного скотоводства частными подворьями в 22 различных условиях хозяйствования. Подразумевается, что пользователь ЭММ может задать любые интересующие его условия касательно размеров хозяйства, сумм инвестирования в производство, сроков выращивания и реализации телят. Так как объемы представления научного материала ограничены, авторы также ограничили количество заведенных в ЭММ условий расчета, взяв за основу вариативность размера хозяйства от 1 до 4 коров, такого же количества телят со сроком содержания 2 или 9 месяцев, а также задав несколько условий по инвестициям.

Стоимость покупки коров/нетелей оценена в 80 000 руб. Капитальные вложения в технику и технологии разделены на несколько вариантов и условно названы следующей терминологией: «небольшие» – это покупка пресс-подборщика/ворошилок за 50 000 руб., доильного оборудования – за 30 000 руб. (1-й уровень ИВ) и «существенные» – более емкие капиталовложения, к примеру, для

приобретения трактора мощностью менее 90 л. с. за 200 000 руб. (2-й уровень ИВ).

Далее представляем более подробные условия, которые задавались в ЭММ и по которым получены результаты, собранные в таблице 4.

Смоделированные ситуации с одной коровой в хозяйстве: вложения не планируются (п. 1), планируется покупка одной коровы/нетеля (п. 2), покупка коровы и 1-й уровень ИВ (п. 3).

Смоделированные ситуации с двумя коровами, содержащимися в хозяйстве: инвестиционные вложения не планируются (п. 4), планируется покупка одной коровы/нетеля (п. 5), покупка коровы и 1-й уровень ИВ (п. 6), покупка коровы и 1-й уровень ИВ, содержание телят до 9-месячного возраста (п. 7).

Рассчитанные ситуации с тремя коровами: без инвестиций (п. 8), покупка одной коровы (п. 9), покупка двух коров (п. 10), покупка одной коровы

и 1-й уровень ИВ (п. 11), покупка одной коровы, 1-й уровень ИВ и содержание телят до 9 месяцев (п. 12).

Ситуации с четырьмя дойными коровами рассмотрены следующие: без вложений (п. 13), без вложений и при условии содержания телят до 9 месяцев (п. 14), с учетом покупки одной коровы (п.15), с учетом покупки одной коровы и 1-й уровень ИВ (п. 16), с учетом покупки двух коров (п.17), с учетом покупки двух коров и 1-й уровень ИВ (п. 18), покупка одной коровы и 2 уровень ИВ (п. 19).

Также для расчета таблицы 4 продуктивность коров задавалась на уровне 20 кг/сут (по данным Росстата, среднесуточный удой в хозяйствах населения региона составляет 15 кг), товарность – 77,5 % получаемого молока (на уровне средних значений по региону), средняя цена реализации молока – 23 руб/кг.

Таблица 4

Сравнительная таблица результативности ведения молочного скотоводства хозяйствами населения с оформлением и без оформления уплаты НПД за финансовый год

№ п/п	Поголовье коров, гол.	из них приобретенных в текущем году, гол.	Поголовье телят, гол.	Сроки реализации телят, мес.	Инвестиционные расходы, руб.		Итого расходов, руб.	Налоги, руб.	Субсидии, руб.	Прибыль, руб.		
					Всего	в т. ч. покупка коров/нетелей				С учетом субсидий	Без учета субсидий	Без уплаты налогов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0	1	2	0	0	33 974	4 838	6 350	88 488	82 138	86 976
2	1	1	1	2	80 000	80 000	113 974	4 838	76 350	78 488	2 138	6 976
3	1	1	1	2	160 000	80 000	193 974	4 838	108 350	30 488	-77 862	-73 024
4	2	0	2	2	0	0	66 948	9 676	15 700	180 976	165 276	174 952
5	2	1	2	2	80 000	80 000	146 948	9 676	85 700	170 976	85 276	94 952
6	2	1	2	2	160 000	80 000	226 948	9 676	117 700	122 976	5 276	14 952
7	2	1	2	9	160 000	80 000	250 654	12 156	117 700	158 790	41 090	53 246
8	3	0	3	2	0	0	99 922	14 514	26 550	274 964	248 414	262 928
9	3	1	3	2	80 000	80 000	179 922	14 514	96 550	264 964	168 414	182 928
10	3	2	3	2	160 000	160 000	259 922	14 514	166 550	254 964	88 414	102 928
11	3	1	3	2	160 000	80 000	259 922	14 514	128 550	216 964	88 414	102 928
12	3	1	3	9	160 000	80 000	295 481	18 234	128 550	270 685	142 135	160 369
13	4	0	4	2	0	0	132 896	19 352	35 400	366 952	331 552	350 904
14	4	0	4	9	0	0	180 308	30 780	35 400	432 112	396 712	427 492
15	4	1	4	2	80 000	80 000	212 896	19 352	105 400	356 952	251 552	270 904
16	4	1	4	2	160 000	80 000	292 896	19 352	137 400	308 952	171 552	190 904
17	4	2	4	2	160 000	160 000	292 896	19 352	175 400	346 952	171 552	190 904
18	4	2	4	2	240 000	160 000	372 896	19 352	207 400	298 952	91 552	110 904
19	4	1	4	2	280 000	80 000	412 896	19 352	185 400	236 952	51 552	70 904
20	2	1	2	2	80 000	80 000	146 948	10 420	85 700	188 832	103 132	113 552
21	2	1	2	2	80 000	80 000	146 948	11 815	85 700	222 312	136 612	148 427
22	2	1	2	2	80 000	80 000	146 948	12 745	85 700	244 632	158 932	171 677

Рассчитано авторами по итогам рассмотрения различных условий хозяйствования путем подстановки данных в ЭММ.

Table 4

Comparative table of the effectiveness of dairy cattle breeding by households with and without registration of payment of tax on professional income for the financial year

No.	Number of cows, heads	acquired in the current year, head	Livestock of calves, heads	Terms of sale of calves, months	Investment expenses, rub.		Total expenses, rub.	Taxes, rub.	Subsidies, rub.	Profit, rub.		
					total	including purchase of cows/heifers				subject to subsidies	excluding subsidies	tax free
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0	1	2	0	0	33 974	4 838	6 350	88 488	82 138	86 976
2	1	1	1	2	80 000	80 000	113 974	4 838	76 350	78 488	2 138	6 976
3	1	1	1	2	160 000	80 000	193 974	4 838	108 350	30 488	-77 862	-73 024
4	2	0	2	2	0	0	66 948	9 676	15 700	180 976	165 276	174 952
5	2	1	2	2	80 000	80 000	146 948	9 676	85 700	170 976	85 276	94 952
6	2	1	2	2	160 000	80 000	226 948	9 676	117 700	122 976	5 276	14 952
7	2	1	2	9	160 000	80 000	250 654	12 156	117 700	158 790	41 090	53 246
8	3	0	3	2	0	0	99 922	14 514	26 550	274 964	248 414	262 928
9	3	1	3	2	80 000	80 000	179 922	14 514	96 550	264 964	168 414	182 928
10	3	2	3	2	160 000	160 000	259 922	14 514	166 550	254 964	88 414	102 928
11	3	1	3	2	160 000	80 000	259 922	14 514	128 550	216 964	88 414	102 928
12	3	1	3	9	160 000	80 000	295 481	18 234	128 550	270 685	142 135	160 369
13	4	0	4	2	0	0	132 896	19 352	35 400	366 952	331 552	350 904
14	4	0	4	9	0	0	180 308	30 780	35 400	432 112	396 712	427 492
15	4	1	4	2	80 000	80 000	212 896	19 352	105 400	356 952	251 552	270 904
16	4	1	4	2	160 000	80 000	292 896	19 352	137 400	308 952	171 552	190 904
17	4	2	4	2	160 000	160 000	292 896	19 352	175 400	346 952	171 552	190 904
18	4	2	4	2	240 000	160 000	372 896	19 352	207 400	298 952	91 552	110 904
19	4	1	4	2	280 000	80 000	412 896	19 352	185 400	236 952	51 552	70 904
20	2	1	2	2	80 000	80 000	146 948	10 420	85 700	188 832	103 132	113 552
21	2	1	2	2	80 000	80 000	146 948	11 815	85 700	222 312	136 612	148 427
22	2	1	2	2	80 000	80 000	146 948	12 745	85 700	244 632	158 932	171 677

Calculated by the authors based on the results of consideration of various business conditions by substituting data in the economic and mathematical model.

Стоимость концентрированных кормов закладывалась на уровне 12,5 руб/кг, грубых – 5,0 руб/кг. Также в качестве условия принималось, что 50 % грубых кормов аграрий производит самостоятельно, все концентрированные корма закупаются.

При расчете п. 20 таблицы 4 заданы те же параметры, что и в пункте 5 (т. е. поголовье коров в хозяйстве – 2 головы, в т. ч. планируется покупка одной коровы/нетеля; 2 головы телят, срок их выращивания составляет 2 мес.) однако изменена среднегодовая цена реализации молока с 23 руб/кг до 25 руб/кг. Рост цены реализации на 8,7 % позволяет аграрию нарастить сумму прибыли на 19,6 %. В п. 21 среднегодовая цена на молоко остается неизменной и составляет 23 руб/кг, но увеличена продуктивность коров до 25 кг/сут (напомним, что ранее проставлялась продуктивность на уровне 20 кг/сут). При увеличении продуктивности коров на 25 % прибыль без уплаты НПД возрастет до

148 427 руб., рост составляет 56,3 %. В п. 22 авторами были увеличены показатели цены до 25 руб/кг и продуктивности до 25 кг/сут. С ростом этих показателей прибыль хозяйства составила 171 677 руб., или +80,8 % к показателям п. 5.

При условии содержания одной коровы в хозяйстве никакой речи о возможности инвестиционных вложений не может быть, так как даже с учетом небольших затрат на ворошилку и доилку деятельность в анализируемом году становится убыточной. Да и само хозяйствование без каких-либо капитальных вложений принесет прибыль в размере 82–88 тыс. руб. в год, т. е. около 7 тыс. руб. в месяц. Это еще при условии, что в ЭММ в качестве расходов авторы не учитывали затраты труда занятого и себестоимость выращенных в хозяйстве кормов. В любом случае даже такая ежемесячная сумма может явиться хорошим подспорьем на селе, особенно если учесть, что одну корову в хозяйствах

содержат либо трудоспособное население, имеющее официальный доход на основной работе, либо пенсионеры (в качестве дополнительного дохода) с ежемесячной пенсией.

Содержание двух коров позволяет получить домохозяйству ежемесячный доход в 14-15 тыс. руб. – это при условии отсутствия капитальных затрат. Соответственно, как только появляются инвестиционные вложения, сумма дохода существенно снижается. При этом уже для хозяйства с двумя коровами при желании развивать свое хозяйство заметную помощь оказывает применение государственной поддержки, а именно при покупке одной коровы (п. 5 таблицы 4) прибыль за год с учетом субсидий на 85,7 тыс. руб. больше, чем прибыль без субсидирования. С ростом объемов капитальных вложений растет и разница между разными суммами прибыли. К примеру, при условии покупки коровы и 1-го уровня ИВ (п. 6) разница прибылей составляет 117,7 тыс. руб. (столбец 1, таблица 5).

При этих же условиях разница между годовой прибылью при уплате НПД, но без получения какой-либо государственной поддержки и без уплаты налогов для условий, отраженных в п. 5 и 6, составит 9,7 тыс. руб. (столбец 2, таблица 5). Государственная поддержка в этом случае в расчет не

бралась, т. е. подразумевается, что аграрий платит НПД, но не субсидирует свои затраты. Сумма налогов за год для агрария с двумя коровами с продуктивностью 20 кг/сут при реализации 77,5 % получаемого молока по среднегодовой цене 23 руб/кг составит менее 10 тыс. руб. в год, т. е. 806 руб. в месяц.

С ростом размеров хозяйства разница между прибылью с учетом субсидий и без возрастает (столбец 1, таблица 5). К примеру, расчеты с поголовьем три коровы: при вложениях в покупку одной коровы (п. 9) разница составит 96,6 тыс. руб., при покупке двух коров (п. 10) – 166,6 тыс. руб., при покупке одной коровы и 1-го уровня ИВ (п. 11) – 128,6 тыс. руб. и так далее.

Также существенно возрастает разница между годовой прибылью при уплате НПД, но без получения какой-либо государственной поддержки и без уплаты налогов (столбец 2, таблица 5).

В таблице 5 представлены и другие показатели эффективности перехода на уплату НПД и применения государственной поддержки, в частности, удельный вес субсидий в общей сумме затрат; превышение прибыли с учетом субсидий от прибыли, с которой не были уплачены налоги, которая возрастает при увеличении капитальных вложений в производство; отношение сумм субсидий к налогам.

Таблица 5

Сравнительная таблица расчета эффективности ведения молочного скотоводства хозяйствами населения с оформлением и без оформления уплаты НПД

№ п/п	Разница между прибылью с учетом субсидий и без учета субсидий, руб.	Разница между прибылью без уплаты и после уплаты налогов (НПД), руб.	Удельный вес субсидий в общей сумме затрат, %	Превышение прибыли с учетом субсидий от прибыли, с которой не был уплачен НПД, %	Отношение сумм субсидий к НПД, раз	Рентабельность с учетом субсидий, %	Рентабельность при условии не уплаты НПД, %
1	6 350	4 838	18,7	101,7	1,3	260,5	256,0
2	76 350	4 838	67,0	1125,1	15,8	68,9	6,1
3	108 350	4 838	55,9	-41,8	22,4	15,7	-37,6
4	15 700	9 676	23,5	103,4	1,6	270,3	261,3
5	85 700	9 676	58,3	180,1	8,9	116,4	64,6
6	117 700	9 676	51,9	822,5	12,2	54,2	6,6
7	117 700	12 156	47,0	298,2	9,7	63,4	21,2
8	26 550	14 514	26,6	104,6	1,8	275,2	263,1
9	96 550	14 514	53,7	144,8	6,7	147,3	101,7
10	166 550	14 514	64,1	247,7	11,5	98,1	39,6
11	128 550	14 514	49,5	210,8	8,9	83,5	39,6
12	128 550	18 234	43,5	168,8	7,1	91,6	54,3
13	35 400	19 352	26,6	104,6	1,8	276,1	264,0
14	35 400	30 780	19,6	101,1	1,2	239,7	237,1
15	105 400	19 352	49,5	131,8	5,4	167,7	127,2
16	137 400	19 352	46,9	161,8	7,1	105,5	65,2
17	175 400	19 352	59,9	181,7	9,1	118,5	65,2
18	207 400	19 352	55,6	269,6	10,7	80,2	29,7
19	185 400	19 352	44,9	334,2	9,6	57,4	17,2

Рассчитано авторами.

Table 5

Comparative table for calculating the efficiency of dairy cattle breeding by households with and without registration of NPA payment

No.	Difference between profit with subsidies and without subsidies, rub.	Difference between profit without payment and after taxes (NAP), rub.	Share of subsidies in total costs, %	Excess of profit, taking into account subsidies from profit on which taxes were not paid, %	The ratio of subsidies to taxes, times	Profitability with subsidies, %	Profitability without paying tax, %
1	6 350	4 838	18.7	101.7	1.3	260.5	256.0
2	76 350	4 838	67.0	1125.1	15.8	68.9	6.1
3	108 350	4 838	55.9	-41.8	22.4	15.7	-37.6
4	15 700	9 676	23.5	103.4	1.6	270.3	261.3
5	85 700	9 676	58.3	180.1	8.9	116.4	64.6
6	117 700	9 676	51.9	822.5	12.2	54.2	6.6
7	117 700	12 156	47.0	298.2	9.7	63.4	21.2
8	26 550	14 514	26.6	104.6	1.8	275.2	263.1
9	96 550	14 514	53.7	144.8	6.7	147.3	101.7
10	166 550	14 514	64.1	247.7	11.5	98.1	39.6
11	128 550	14 514	49.5	210.8	8.9	83.5	39.6
12	128 550	18 234	43.5	168.8	7.1	91.6	54.3
13	35 400	19 352	26.6	104.6	1.8	276.1	264.0
14	35 400	30 780	19.6	101.1	1.2	239.7	237.1
15	105 400	19 352	49.5	131.8	5.4	167.7	127.2
16	137 400	19 352	46.9	161.8	7.1	105.5	65.2
17	175 400	19 352	59.9	181.7	9.1	118.5	65.2
18	207 400	19 352	55.6	269.6	10.7	80.2	29.7
19	185 400	19 352	44.9	334.2	9.6	57.4	17.2

Calculated by the authors.

Показатели уровня рентабельности отражают эффективность ведения молочного скотоводства в регионе, убыток был зафиксирован только в случае инвестирования аграрием в расширение производства. В подобных случаях принято рассчитывать сроки и уровни окупаемости. Это задача для дальнейших исследований.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, ЭММ позволяет рассчитать эффективность ведения молочного скотоводства при различных условиях и размерах домашних подворий. По итогам расчетов было установлено, что максимально результативным и стимулирующим к развитию хозяйствования является вариант перехода агрария на уплату НПД и применение предусмотренной для самозанятых государственной поддержки. Чем больше хозяйство и чем больше инвестиционных вложений планирует произвести аграрий, тем больше будет отдача от государственной поддержки.

Однако до принятия решения перехода на уплату НПД и подачи заявления на получение субсидий аграрий должен не только просчитать с помощью ЭММ возможную результативность деятельности, но и внимательно ознакомиться с условиями финансирования направления в регионе.

Региональное министерство предупреждает, что потенциальный получатель субсидии, являющийся самозанятым, должен переоформить личное подсобное хозяйство на себя. Для этого необходимо обратиться в администрацию поселения и заменить главу хозяйства в похозяйственной книге [21]. Также необходимо помнить об обязательствах, которые будут возникать у агрария при получении государственных дотаций [22; 23]. Налоговые органы, в свою очередь, регламентируют сроки уплаты налогов, просрочка по которым грозит начислением пеней.

Количество возможных ситуаций для моделирования деятельности можно увеличить еще многократно, задавая с каждым разом разные параметры. Лучше всего для агрария иметь понимание масштабов своего предприятия и, уже опираясь на эти базовые данные, задавать параметры эффективности с учетом планируемых инвестиций, товарности молока и сроков реализации телят. Это даст возможность варьировать параметры для расчета лучшего подхода к условиям содержания коров и срокам содержания телят.

В дальнейшем планируется расширить предлагаемую бизнес-модель расчета для других отраслей деятельности, в которых большей частью заняты

региональные хозяйства населения: картофелеводство, овощеводство, пчеловодство и т. д. Это даст возможность аграриям оценить эффективность выбранного направления хозяйствования, точно установить доходность своей деятельности, а также посчитать реальную выгоду от предлагаемых государством субсидий.

Также авторы рассматривают возможность развития выбранной темы в части расширения ЭММ, предусмотрев вероятное производство и реализацию аграриями не только сырого молока, но и продуктов его переработки: творога, сыра и так далее.

Библиографический список

1. Afanaseva O., Ivanov E., Elmov V., Makushev A. Evaluating the digitalization potential of agro-industrial sector of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Cheboksary, 2021. Article number 012036. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012036.
2. Afanaseva O., Ivanov E., Elmov V., Makushev A. Factors that facilitate development of small agricultural cooperative farm alliances // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Cheboksary, 2021. Article number 012045. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012045.
3. Башмачников В. Ф., Дрокин В. В., Журавлев А. С. Вовлечение крестьянских хозяйств в решение задач импортозамещения // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 2. С. 663–675. DOI: 10.17059/2018-2-26.
4. Polunin G., Alakoz V., Cherkashin K. Regional land use by farms of the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2019. Article number 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012017.
5. Кот Е. М., Зырянова Т. В., Зырянов С. Б. Вовлечение в организованный рынок такой формы самозанятости в сельских территориях, как личные подсобные хозяйства граждан // Аграрный вестник Урала. 2020. Спецвыпуск «Экономика». С. 31–37. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-13-31-37.
6. Афанасьева О. Г. Агропромышленный комплекс ПФО России: итоги, инвестиции и цифровизация. Москва: Русайнс, 2022. 110 с.
7. Кондратьев Д. В., Остаев Г. Я., Хосиев Б. Н. Управление развитием производства продукции молочного скотоводства. Ижевск: Шелест, 2021. 242 с.
8. Касторнов Н. П. Основные факторы и потенциал развития молочного скотоводства региона // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (61). С. 166–170.
9. Astuti A., Obitsu T., Taniguchi K. Effect of Milking Frequency on Body Condition Score, Somatic Cell Count, and Reproductive Performance of Dairy Cows Milked by An Automatic Milking System // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019 Article number 012055. DOI: 10.1088/1755-1315/251/1/012055.
10. Gašparík M., Ducháček J., Stádník L. Impact of milking settings optimization on milk quality, milking time and milk yield in Holstein cows // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Article number 012073. DOI: 10.1088/1757-899X/420/1/012073.
11. Гоголев И. М., Сутыгин П. Ф., Абрамова К. Ю. Инновационные аспекты развития молочного скотоводства // Проблемы региональной экономики. 2020. № 3-4. С. 106–115.
12. Афанасьева О. Г., Макушев А. Е., Толстова М. Л. Исследование цифровой активности региональных аграриев России // Аграрная наука. 2022. № 11. С. 165–173.
13. Жемайтук И. Е. Кто такие самозанятые, как получить этот статус и что он дает? [Электронный ресурс] // Академическая публицистика. 2021. № 11-2. С. 147–154. URL: <https://aeterna-ufa.ru/sbornik/AP-2021-11-2.pdf> (дата обращения: 16.11.2022).
14. Шарипов С. А. Личные подсобные хозяйства и малый аграрный бизнес нуждаются в государственной поддержке // Продовольственная политика и безопасность. 2020. Т. 7. № 1. С. 59–70. DOI: 10.18334/prpb.7.1.100922.
15. Демишкевич Г. М., Чепик Д. А. Совершенствование инновационной инфраструктуры в аграрной сфере для ускорения цифровизации агропромышленного комплекса // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 12 (69). С. 72–81. DOI: 10.33938/2012-72.
16. Абрашкина С. Н. Плюсы и минусы категории предпринимателей «самозанятые» // Вестник молодых ученых Самарского государственного экономического университета. 2022. № 1 (45). С. 5–7.
17. Чекмарев О. П., Лукичев П. М., Конев П. А. Самозанятые в России: легализация, тенденции развития и влияние на рынок труда // Экономика труда. 2022. Т. 9. № 2. С. 233–248. DOI: 10.18334/et.9.2.114222.
18. Афанасьева О. Г., Ельмов В. А., Филиппова С. П., Макушев А. Е. Разработка экономической модели автоматизации расчетов бизнес-концепций малых сельхозпроизводителей // Аграрная наука. 2022. № 11. С. 174–180.
19. Воронова И. В., Игнатьева Н. Л., Немцева Е. Ю. Современные аспекты кормления молочных коров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 164–169. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-164-169.

20. Воронова И. В., Игнатъева Н. Л., Немцева Е. Ю. Дифференцированное кормление коров на молочном комплексе // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2021. № 7. С. 58–63.

21. Кто такие «самозанятые»? [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Чувашской Республики. URL: <https://agro.cap.ru/banneri/gospodderzhka-grazhdan-veduschih-lichnoe-podsobnoe/kto-takie-samozanyatie> (дата обращения: 16.11.2022).

22. Аджигова А. С., Канцеров Р. А., Школьникова Н. Н. Государственная поддержка развития сельского хозяйства в регионе с аграрным профилем экономики // Аграрный вестник Урала. 2022. № 2 (217). С. 60–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-60-70.

23. Латыпов Р. Т., Малейкина Г. П., Ручкин А. В. Грантовая поддержка реализации государственных программ и проектов по развитию крестьянских (фермерских) хозяйств: опыт региона и ключевые проблемы // Аграрный вестник Урала. 2019. № 8 (187). С. 75–90. DOI: 10.32417/article_5d908ec8145d33.94927172.

Об авторах:

Олеся Геннадьевна Афанасьева¹, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, ORCID 0000-0003-2877-4991, AuthorID 682644; olesyafanaseva@gmail.com

Виктор Анатольевич Ельмов², инженер-программист Информационно-вычислительного центра, ORCID 0000-0002-1571-2516, AuthorID 1174048; v.elmov@chuvsu.ru

Светлана Петровна Филиппова¹, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики, менеджмента и агроконсалтинга, ORCID 0000-0001-9256-5380, AuthorID 772287

¹ Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

² Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

Comparing the Performance of dairy farming by households and self-employed people based on a project business model

O. G. Afanaseva^{1✉}, V. A. Elmov², S. P. Filippova¹

¹ Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

² Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia

✉E-mail: olesyafanaseva@gmail.com

Abstract. The purpose. The level of marketability of milk in the households of the population of some subjects of the Volga Federal District from 2011 to 2021 increased by more than 20 p. p. The leader in this rating was the Chuvash Republic with the marketability of milk in the households of the population in 2021 at the level of 77.5 %. In connection with the high involvement of the population in the organized market for the sale of milk, the authors developed an economic and mathematical model for calculating the level of efficiency of dairy cattle breeding in the households of the population under various conditions and sizes of their management, and also adapted this model to calculate the efficiency of the farmers of the Chuvash Republic. **Methods.** The developed economic and mathematical model is built according to the structure of the economic model for automating the calculations of business concepts of small agribusiness, presented in an earlier work of the authors with adaptation to the activities of households. **Scientific novelty.** The work allows you to establish the most optimal options for dairy cattle breeding, depending on the objectives of management: optimization or expansion of production. **Results.** According to the results of the calculations, it was found that the most effective and stimulating for the development of management is the option of switching the agrarian to the payment of NAP and the use of state support provided for the self-employed. The larger the farm and the more investments the agrarian plans to make, the greater the return on state support will be. The amount of profitability in some cases exceeds 100 %. However, it is necessary to take into account the expediency of raising funds based on common sense, and not just in terms of mathematical calculations.

Keywords: dairy farming, economy of the population, production organization, self-employed, professional income tax, calculation model, project business model, economic and mathematical model, increasing rural incomes.

For citation: Afanaseva O. G., Elmov V. A., Filippova S. P. Srovnenie rezul'tativnosti molochnogo skotovodstva khozyaystv naseleniya i samozanyatykh na osnove postroeniya proektnoy biznes-modeli [Comparing the perfor-

mance of dairy farming by households and self-employed people based on a project business model] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 83–97. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-83-97. (In Russian.)

Date of paper submission: 02.12.2022, *date of review:* 22.12.2022, *date of acceptance:* 12.01.2023.

References

1. Afanaseva O., Ivanov E., Elmov V., Makushev A. Evaluating the digitalization potential of agro-industrial sector of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Cheboksary, 2021. Article number 012036. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012036.
2. Afanaseva O., Ivanov E., Elmov V., Makushev A. Factors that facilitate development of small agricultural co-operative farm alliances // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Cheboksary, 2021. Article number 012045. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012045.
3. Bashmachnikov V. F., Drokin V. V., Zhuravlev A. S. Vovlechenie krest'yanskikh khozyaystv v reshenie zadach importozameshcheniya [Involvement of rural households in solving the problems of import substitution] // Economy of the regions. 2018. Vol. 14. No. 2. Pp. 663–675. DOI: 10.17059/2018-2-26. (In Russian.)
4. Polunin G., Alakoz V., Cherkashin K. Regional land use by farms of the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2019. Article number 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012017.
5. Kot E. M., Zyryanova T. V., Zyryanov S. B. Vovlechenie v organizovannyi rynek takoy formy samozanyatosti v sel'skikh territoriyakh, kak lichnye podsobnyye khozyaystva grazhdan [Involvement in the organized market of such forms of self employment in rural areas as personal subsidiary farms of citizens] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue “Economy”. Pp. 31–37. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-13-31-37. (In Russian.)
6. Afanaseva O. G. Agropromyshlennyy kompleks PFO Rossii: itogi, investitsii i tsifrovizatsiya [Agro-industrial complex of the Volga Federal District of Russia: results, investments and digitalization]. Moscow: Rusayns, 2022. 110 p. (In Russian.)
7. Kondratyev D. V., Ostaev G. Ya., Khosiev B. N. Upravlenie razvitiem proizvodstva produktsii molochnogo skotovodstva [Dairy cattle development management]. Izhevsk: Shelest, 2021. 242 p. (In Russian.)
8. Kastornov N. P. Osnovnye faktory i potentsial razvitiya molochnogo skotovodstva regiona [Key factors and development potential dairy cattle breeding in the region] // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2020. No. 2 (61). Pp. 166–170. (In Russian.)
9. Astuti A., Obitsu T., Taniguchi K. Effect of Milking Frequency on Body Condition Score, Somatic Cell Count, and Reproductive Performance of Dairy Cows Milked by An Automatic Milking System // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019 Article number 012055. DOI: 10.1088/1755-1315/251/1/012055.
10. Gašparík M., Ducháček J., Stádník L. Impact of milking settings optimization on milk quality, milking time and milk yield in Holstein cows // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Article number 012073. DOI: 10.1088/1757-899X/420/1/012073.
11. Gogolev I. M., Sutygin P. F., Abramova K. Yu. Innovatsionnye aspekty razvitiya molochnogo skotovodstva [Innovative aspects of dairy cattle development] // Problemy regionalnoy ekonomiki. 2020. No. 3-4. Pp. 106–115. (In Russian.)
12. Afanaseva O., Makushev A., Tolstova M. Issledovanie tsifrovoy aktivnosti regional'nykh agrariyev Rossii [Investigation of Russian regional farmers' digital activity] // Agrarian science. 2022. No. 11. Pp. 165–173. (In Russian.)
13. Zhemaytuk I. E. Kto takie samozanyatyie, kak poluchit' etot status i chto on daet [Who are the self-employed, how to get this status and what does it give?] [e-resource] // Akademicheskaya publitsistika. 2021. No. 11-2. Pp. 147–154. URL: <https://aeterna-ufa.ru/sbornik/AP-2021-11-2.pdf> (date of reference: 16.11.2022) (In Russian.)
14. Sharipov S. A. Lichnye podsobnyye khozyaystva i malyy agrarnyy biznes nuzhdayutsya v gosudarstvennoy podderzhke [Private subsidiary farms and small agricultural business in need of state support] // Food Policy and Security. 2020. Vol. 7. No. 1. Pp. 59–70. (In Russian.)
15. Demishkevich G. M., Chepik D. A. Sovershenstvovanie innovatsionnoy infrastruktury v agrarnoy sfere dlya uskoreniya tsifrovizatsii agropromyshlennogo kompleksa [Improvement of innovative infrastructure in the agrarian sphere to accelerate the digitalization of the agricultural industry]. 2020. No. 12 (69) Pp. 72–81. DOI: 10.33938/2012-72. (In Russian.)
16. Abrashkina S. N. Plyusy i minusy kategorii predprinimateley “samozanyatyie” [Pros and cons of the category of entrepreneurs “self-employed”] // Vestnik molodykh uchenykh Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2022. No. 1 (45). Pp. 5–7. (In Russian.)
17. Chekmarev O. P., Lukichev P. M., Konev P. A. Samozanyatyie v Rossii: legalizatsiya, tendentsii razvitiya i vliyanie na rynek truda [Self-employed in russia: legalization, development trends and impact on the labour mar-

ket] // Russian Journal of Labor Economics. 2022. Vol. 9. No. 2. Pp. 233–248. DOI: 10.18334/et.9.2.114222. (In Russian.)

18. Afanaseva O., Elmov V., Filippova S., Makushev A. Razrabotka ekonomicheskoy modeli avtomatizatsii raschetov biznes-kontseptsiy mal'kh sel'khozproizvoditeley [Developing an economic model for automated small agriculture business concept calculations] // Agrarian science. 2022. No. 11. Pp. 174–180. (In Russian)

19. Voronova I., Ignatyeva N., Nemtseva E. Sovremennye aspekty kormleniya molochnykh korov [Modern feeding aspects of dairy cows] // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2021. No. 1 (53). Pp. 164–169. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-164-169. (In Russian.)

20. Voronova I., Ignatyeva N., Nemtseva E. Differentsirovannoe kormlenie korov na molochnom komplekse [Differentiated feeding of cows in the dairy complex] // Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. 2021. No. 7. Pp. 58–63. (In Russian.)

21. Kto takie "samozanyatye"? [Who are the "self-employed"?] [e-resource] // Ministry of Agriculture of the Chuvash Republic. URL: <https://agro.cap.ru/banneri/gospodderzhka-grazhdan-veduschih-lichnoe-podsobnoe/ktotakie-samozanyatie> (date of reference: 16.11.2022). (In Russian.)

22. Adzhikova A. S., Kantserov R. A., Shkolnikova N. N. Gosudarstvennaya podderzhka razvitiya sel'skogo khozyaystva v regione 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 2 (217). Pp. 60–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-60-70. (In Russian.)

23. Latypov R. T., Maleykina G. P., Ruchkin A. V. Grantovaya podderzhka realizatsii gosudarstvennykh programm i proektov po razvitiyu krest'yanskikh (fermerskikh) khozyaystv: opyt regiona i klyuchevye problemy [Grant support for the implementation of state programs and projects for the development of peasant (farmer) farms: regional experience and key problems] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 8 (187). Pp. 75–90. DOI: 10.32417/article_5d908ec8145d33.94927172. (In Russian.)

Authors' information:

Olesya G. Afanaseva¹, candidate of economic sciences, associate professor of the department of accounting, analysis and audit, ORCID 0000-0003-2877-4991, AuthorID 682644; olesyafanaseva@gmail.com

Viktor A. Elmov², software engineer of department of informatization, ORCID 0000-0002-1571-2516, AuthorID 1174048; v.elmov@chuvsu.ru

Svetlana P. Filippova¹, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics, management and agricultural consulting. ORCID 0000-0001-9256-5380, AuthorID 772287

¹ Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

² Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia

Цифровая инфраструктура маркетинга сельских территорий

Е. С. Куликова¹✉, О. А. Рущицкая², Т. И. Кружкова²

¹ Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: e.s.kulikova@mail.ru

Аннотация. Цифровые технологические средства стремительно развиваются, а количество пользователей интернета растет, поэтому маркетинговая деятельность цифрового типа играет ключевую роль для каждой организации, не исключая и компании в аграрной экономической сфере. Маркетинговая деятельность цифрового типа дает возможность привлечения новых потребителей и выстраивания коммуникации со старыми клиентами. Если не использовать такую деятельность, то сейчас это чревато как экономическими потерями, так и утратой всей бизнес-деятельности в целом. Ряд научно-технических революций значительно изменил процессы, деятельность и особенности АПК. Сейчас большое количество специалистов нацелено на факт осуществления революции в цифровом пространстве сельскохозяйственной отрасли. Данная проблема приобретает повышенное значение ввиду формирования и внедрения проектов государства, направленных на развитие цифровых технологий в отрасли. **Цель** данной статьи – исследование ключевых направлений в маркетинговой деятельности цифрового типа сельскохозяйственного сектора и предложение рекомендаций по ее использованию. **Задачи:** провести библиографический анализ подходов к маркетингу аграрного сектора; рассмотреть ключевые категории цифровых технологических средств для сельского хозяйства; провести анализ использования и более широкого применения инструментов цифрового маркетинга в сельскохозяйственной отрасли. **Методы.** При проведении исследования использовались методы социально-экономического анализа, графический и расчетно-аналитический методы, системный подход. **Результаты.** Проведено исследование и описание самых популярных способов осуществления маркетинговой деятельности цифрового типа, позволяющей улучшить связь с потребителями сельскохозяйственной продукции и увеличить их количество. Выявлены особенности применения цифровых технологий в аграрном секторе экономики. Определены основные причины, затрудняющие использование технологических средств в нынешней сельскохозяйственной отрасли. **Научная новизна.** Выявлено, что зачастую предприятия в отрасли сельского хозяйства не обладают необходимыми ресурсами для покупки и реализации цифрового маркетинга. Решение проблемы более широкого использования цифровых маркетинговых технологий в отрасли возможно путем реализации национальных и региональных программ государства, направленных на совершенствование сельскохозяйственной отрасли.

Ключевые слова: цифровая маркетинговая деятельность, сельскохозяйственная отрасль, email-маркетинг, SEO-маркетинг, SMM.

Для цитирования: Куликова Е. С., Рущицкая О. А., Кружкова Т. И. Развитие цифровой маркетинговой деятельности в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 98–106. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-98-106.

Дата поступления статьи: 31.10.2022, **дата рецензирования:** 21.11.2022, **дата принятия:** 16.12.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

На протяжении долгих лет общественная сфера развивалась вместе с агропромышленным комплексом и, в частности, сельскохозяйственной отраслью. Каждая из научно-технических революций поднимала качество организационных процессов производственной деятельности и уровень эффективности работы.

Ввиду таких революционных процессов происходило развитие инструментов и методик для работы, оптимизация организационных вопросов в производственной деятельности. В сельскохозяйственной отрасли это позволило повысить урожай культур сельского хозяйства, увеличить продуктивность живого скота, повысить степень трудовой производительности и улучшить прочие ключевые коэффициенты в экономике и финансовой сфере [5; 9].

Ключевые категории цифровых технологических средств для сельского хозяйства [6]

№	Наименование	Примеры технологий, которые применяются
I	Сельское хозяйство точного типа	Комплексы для навигации. Удаленная работа с зондами и комплексы для установки местоположения с помощью геолокации. Раздельный метод внесения удобрений
II	Роботы для сельского хозяйства	Беспилотники надземного типа. Дроны для отслеживания качественного уровня в полях и сбора урожая. Датчики сенсорного умного типа
III	Платформы АIoT Приложения АIoT	Мониторинг информации, которую выдают датчики. Мониторинг технических средств и прочих приборов
IV	Увеличенные массивы информации	Исследование информации, которую выдают датчики для того, чтобы составлять стратегические планы и прогнозы высокой точности

Table 1

Key categories of digital technological means for economic development [6]

No.	Name	Examples of technologies that are applied
I	Precision agriculture	Complexes for navigation. Remote work with probes and complexes for positioning using geolocation. Separate method of fertilization
II	Agricultural robots	Unmanned aerial vehicles. Drones for monitoring the quality level in the fields and harvesting. Sensors of touch smart type
III	AIoT Platforms AIoT Applications	Monitoring information provided by sensors. Monitoring of technical means and other devices
IV	Enlarged arrays of information	Study of the information provided by the sensors in order to make strategic plans and forecasts of high accuracy

Маркетинг аграрного сектора стал важной темой исследований последних лет. Исследовали эту область такие ученые, как Н. В. Козлова (2020), А. М. Петимко (2020), В. Е. Чеплев (2020), Н. В. Суркова (2021), А. С. Сибиряев (2020), А. Д. Ключкин (2022), М. Н. Григорьев (2020), В. В. Барашев (2021) и др. Это свидетельствует о том, что преимущества применения современного цифрового маркетинга в сельском хозяйстве беспрецедентны.

Большая часть прогнозов говорят о том, что неминуемым становится «революционный процесс в сельскохозяйственной отрасли», что даст возможность удовлетворения потребностей граждан в товарах агропромышленной отрасли с развитием качества сфер посредством трансформации компонентов АПК и введением цифровых средств (таблица 1). Это в результате приведет к тому, что будет развиваться точное сельское хозяйство, которое включает в себя земледелие точного типа [6; 10; 13] и животноводство точного типа. Точное сельское хозяйство – это новая технология, основанная на цифровых данных с целью оптимизации производства отрасли.

Сейчас маркетинговая деятельность цифрового типа в стратегических планах маркетинга играет ключевую роль для сельскохозяйственных предприятий, что признают и сами фермеры. В первую очередь данный факт основывается на инноваци-

онных методиках, ставших возможными благодаря интернету.

Методология и методы исследования (Methods)

Для решения поставленных задач были применены такие способы, как: исследование, сравнительная методика, соединение методом синтеза и создание прогнозов, методы социально-экономического анализа, графический и расчетно-аналитический методы, системный подход

Результаты (Results)

Цифровая эра навсегда изменила сегодняшних работников сельского хозяйства. Агропродовольственным компаниям требуются не только отличные специалисты, но и новые профили со специальностями в области цифрового маркетинга, SEO, SEM, социальных сетей, цифровой рекламы и онлайн-общения. Вот почему перед специалистами отрасли стоит задача знать, понимать цифровые инструменты, которые помогают продвигать его бизнес, и быть их частью. Плюс, который может иметь, к примеру «оцифрованный» агроном, по сравнению с некоторыми маркетологами, менеджерами сообщества или гуру маркетинга, заключается в том, что они обладают техническими знаниями.

В настоящее время цифровая маркетинговая деятельность в сельскохозяйственной отрасли применяется меньше, чем в других отраслях. Прочие отрасли характеризуются тем, что там digital-

маркетинг применяют 88 % компаний, а в сельскохозяйственной отрасли – всего 78 %. Данные сведения показывают, что в сельскохозяйственной отрасли наблюдается отставание от актуальных тенденций. Можно утверждать, что за рубежом барьер перехода традиционного маркетинга к цифровому уже давно преодолен. Аграрные представительства в области цифрового маркетинга, YouTube-каналы, бренды, блоги, фан-страницы, рассылки и многое другое уже повсеместно применяются в аграрном секторе развитых стран. Также созданы сайты для ведения агромаркетинговых компаний, например agmarknet.gov.in. Подобные сайты позволяют легко и комфортно вести бизнес, получать нужную финансовую отчетность в удобной форме, исследования последних тенденций, помощь в разработке новых стратегий.

Можно привести несколько успешных стратегий агромаркетинга, известных всему миру:

1. Сладкий эффект (Dulce Efecto). Целью этой испанской кампании было продвижение нового сорта сладкого перца. Эта кампания была настолько успешной, что стала широко известна за пределами сферы агромаркетинга.

2. Цветение Съезы (La Floracion de Cieza). Цель – опубликовать информацию о цветении фруктовых деревьев в городе Съеза. Благодаря этой инициативе агромаркетинга, помимо охвата сельскохозяйственной области, она также стала популяризировать гастрономию и пейзажи Съезы.

3. Блог Мундориего. Компания Mundoriego, занимающаяся системами капельного орошения, создала блог, в котором они делились очень ценными

статьями о методах орошения или информацией, связанной с ними.

4. Вкус правды. Эта кампания представляет собой документальный видеофильм об оливковом масле. Это было сделано для того, чтобы рекламировать оливковое масло и показать, что оно является лидером отрасли.

5. Хештег #AGCHAT в социальной сети Twitter собирает многих мировых производителей в отрасли сельского хозяйства, которые занимаются обсуждением нюансов производственной деятельности и дают советы друг другу. Зачастую #AGCHAT собирает в течение суток больше 2 тысяч ответов! Данный факт говорит о готовности выхода фермеров на цифровое пространство [15].

Сейчас структурное строение маркетинговой деятельности цифрового вида есть возможность показать таким образом (рис. 1).

Email-маркетинг выступает в роли одного из компонентов цифровой маркетинговой деятельности, чей охват распространяется на интернет-страницы, соцсети и прочие элементы. Сущность email-маркетинга заключается в его сходстве с рассылкой писем прямого типа, но письма подлежат отправке посредством электронной почты в цифровом виде, заменяя классическую почтовую пересылку. Пособием подобной деятельности фермеру могут приходиться на электронную почту приглашающие письма, для того чтобы он смог прийти на мероприятие, либо фермер может сам отправлять письма собственной базе клиентов, оповещая их о нововведениях, инновациях, скидках и прочем.



Рис. 1. Категории маркетинговой деятельности цифрового типа [14]

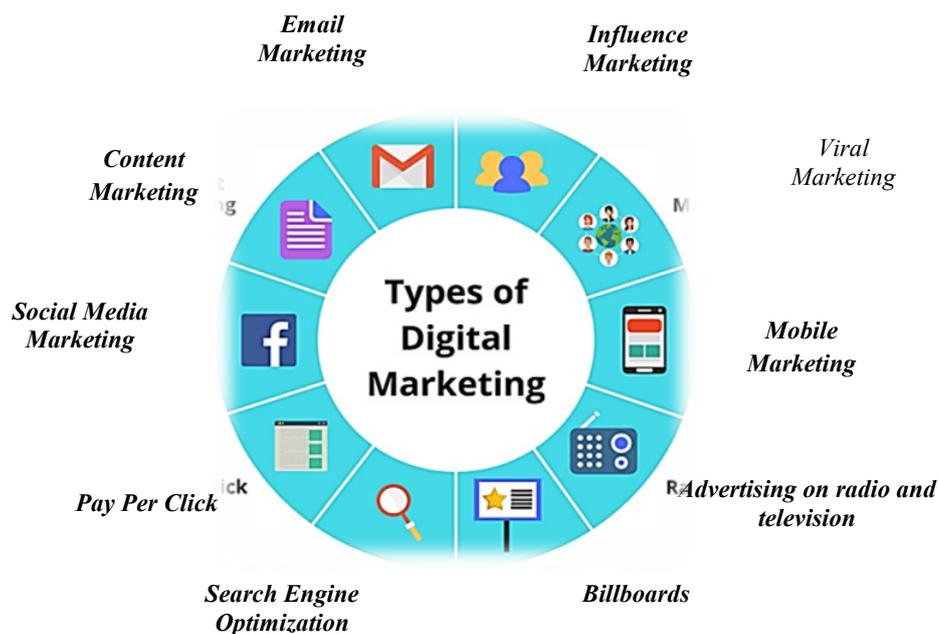


Fig. 1. Categories of digital marketing activities [14]

Marketing Automation (процесс маркетинговой автоматизации) выступает в роли технологического инструмента, позволяющего автоматически осуществлять управление кампаниями по маркетингу с большим количеством функций сразу по большому числу каналов. Таким образом, предприятия имеют возможность ориентации на потребителей посредством электронных писем с автоматической рассылкой, сообщений в соцсетях, программах для быстрых сообщений и прочего [11]. Иначе говоря, есть возможность избавления фермеров от рутинных действий в сфере маркетинга и направления полученного свободного времени на собственную деятельность.

SMM (маркетинговая деятельность в соцсетях) представляет собой применение соцсетей в целях коммуникации с клиентами, для того чтобы бренд был более узнаваем, увеличилось количество трафика на сетевой странице и для прочих подобных процессов. Сейчас компаниями применяется Social Media Marketing посредством различных методик. Компания, желающая получить понимание того, как она продвигается в соцсетях, проводит исследование вовлеченности, охвата и степени продаж посредством соцсетей. Компания, желающая произвести охват конкретных клиентов, займется показом рекламных образов с таргетингом, следуя специфике собственных потребителей [13].

Социальные сети ознаменовали собой адаптацию специалистов сельскохозяйственной отрасли к цифровой эре, но ошибки неизбежны: помимо подтверждения своих технических знаний, часто им не хватает четко определенной цели, динамизма, ви-

дения, стратегии и профессионализма. Социальные сети и приложения в настоящее время прорастают в различных секторах, и сельское хозяйство не является исключением, так как они стали отличной бизнес-стратегией для позиционирования бренда, продуктов и услуг. Работники сельхозпредприятий, которые не адаптируются к цифровым технологиям, окажутся ограниченными.

Ключевые и самые популярные соцсети – это Facebook¹, LinkedIn, Twitter, Instagram*, а также видеохостинг YouTube. К ним добавляется отечественная социальная сеть «ВКонтакте». Кроме того, есть мессенджеры для обмена быстрыми сообщениями WhatsApp, Telegram. Отечественным фермерам максимально удобно будет создать сообщество в Instagram* и «ВКонтакте». Также можно создать бота в Telegram. В данном случае боту легко будет собрать нужные данные, а фермер только будет собирать заказы и осуществлять их отправку.

1. «ВКонтакте» является популярнейшей соцсетью в РФ и третьей интернет-страницей по запросам. Каждый месяц эту социальную сеть посещает около 55 млн человек, 22 млн из них выступают в качестве авторов, а именно создают публикации на собственных страницах. То есть чтобы максимально эффективно управлять компанией сейчас, в «ВКонтакте» должно быть свое сообщество. Тем не менее ввиду особенностей маркетинговой деятельности в агропромышленной отрасли «ВКонтакте» может быть не лучшим выбором для этого. Ключевые пользователи данной соцсети выступают в категории 18–34 лет, к тому же пользователи отличаются по интересам. Таким образом, чрезвычайно

¹ Здесь и далее звездочкой отмечены соцсети, принадлежащие организации Meta, которая признана экстремистской и запрещена в России.

сложно будет создавать эффективную рекламу ввиду разнородности и точечных методик.

2. «Одноклассникам» принадлежит звание второй соцсети в РФ. Пользователи «Одноклассников» в основном имеют схожие интересы, характеризуются попаданием в возрастную категорию примерно 40 лет и состоят приблизительно на 70 % из женщин. То есть рекламу в «Одноклассниках» гораздо проще сформировать, потому что пользователи социальной сети известны и обладают схожими интересами. Нужно знать, что пользователей «Одноклассников» в первую очередь интересуют видеоролики и изображения, а текстовая информация почти не пользуется популярностью.

3. Facebook* выступает в качестве самой популярной соцсети на мировом рынке, но ее популярность данной в РФ гораздо ниже. Пользователи данной социальной сети являются самыми обеспеченными. Таким образом, увеличенная способность пользователей оплачивать услуги позволяет фермерским хозяйствам делать на Facebook акцент, а ее распространенность на всех мировых рынках даст возможность привлечения аудитории из-за рубежа. При этом реклама в Facebook* стоит дороже относительно ВК и ОК, но Facebook* позволит максимально улучшить имидж бренда и стимулировать продажи.

На данный момент максимально распространенным контентом для этого являются видеоролики. Экспертный анализ показал, что в 2021 году 82 % от общего сетевого трафика занимали видеоролики [3].

PPC и SEM. Pay per Click входит в категорию сетевых рекламных процессов, тогда как Search Engine Marketing выступает в качестве единого понятия, которое применяется во всех процессах и нацеленное на увеличение легкости нахождения интернет-страницы в системах поиска. Pay per Click называется так, потому что оплачиваются лишь клики на рекламы, а не собственно просмотры объявлений. Оплата за просмотры происходит в случае CPM или Cost per Mille, а именно оплачивается 1 тысяча показов. В Search Engine Marketing также входят SEO (Search Engine Optimization) и SEA (Search Engine Advertising). SEO отличается от PPC тем, что этот процесс нацелен на устранение обязательной оплаты и повышения сетевой страницы в системах поиска [15].

Content Marketing (маркетинговая деятельность посредством контента) представляет собой наличие стратегии, которая нацелена на то, чтобы формировать и распространять значимый и уместный контент, для того чтобы привлекать и сохранять конкретных клиентов. Это в результате поможет привести к прибыли от лояльной аудитории. Могут дополняться предложениями посетить фермерские хозяйства либо проникнуться атмосферой

на фермах в течение нескольких дней, что приведет к организации качественной маркетинговой деятельности в АПК.

Website marketing (маркетинг сайтов) – комплекс мер в целях продвижения интернет-страницы и в перспективе увеличения трафика на ней. Чем выше трафик, тем сильнее процесс конверсии, следовательно, целевые действия увеличиваются. Сейчас сложно найти компанию, не обладающую собственной интернет-страницей. Предприятия сельского хозяйства также вовлечены в данный процесс. На интернет-странице размещается реклама собственных продуктов и производятся прямые продажи продукции. Сайты позволяют оставлять различное количество заявок на коммуникацию обратного типа для будущей наладки связи и охватить такие категории, которые ранее не были затронуты.

Affiliate Marketing – получение комиссии в случае продвижения продукции, которая предоставляется третьими лицами. Данная маркетинговая категория может выступать в виде деятельности по распространению продукции между компаниями при получении частей прибыли в зависимости от того, сколько было вложено в процесс. Например, популярные отечественные компании в данном сегменте – «Лавка-Лавка» и «Ешь Деревенское». Данный процесс предоставляет совершенно иные перспективы для малых фермерских компаний. Affiliate Marketing дает возможность акцента на основной деятельности, а за маркетинговую деятельность будет отвечать партнерская компания, представляющая собой массивную торговую сеть, получающую часть прибыли и обладающую узкой направленностью [2].

Inbound Marketing (маркетинг входящего типа) представляет собой способ по привлечению аудитории посредством маркетинговой деятельности с контентом, SMM, SEO и брендинга. Входящая маркетинговая деятельность ставит своей целью повышение качественного уровня услуг для потребителей и увеличение лояльности, поставляя клиентам такие данные, которые являются значимыми для этой категории. Сельхозпроизводители в данном случае могут пользоваться рассылками рекламы собственных товаров, рассылками новостей с акционными предложениями или конкретными рассылками с данными о том, когда и где будут проводиться выставки либо ярмарки для потребителей, которые смогут осуществить пробу продуктов и напрямую произвести общение с производителями.

Для дальнейшего развития цифрового маркетинга в сельском хозяйстве требуется создать экосистему сервисов. Она может позволить объединить поставщиков сельскохозяйственной продукции в едином цифровом пространстве. В этом случае сельхозпроизводители получают возможность обмениваться данными, а также будут иметь

доступ к маркетинговым инструментам для совершенствования своей деятельности.

Развитие цифровой маркетинговой деятельности в сельском хозяйстве России будет способствовать созданию базы научных знаний, цифровизации агропромышленного комплекса. Создание такой базы должно быть осуществлено на основе национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство», разработанной в феврале 2020 г. В данном документе, выполненном по заказу Минсельхоза России, предложено создать более 50 сервисов, что позволит обеспечивать сбор данных предприятий АПК, информационную поддержку специалистов, предоставление новых информационных материалов, необходимых для дальнейшего развития отрасли.

Нами прогнозируется, что ключевая особенность для эффективного внедрения программ – это обязательный характер изучения деятельности зарубежных компаний. В качестве примера можно взять Австрию, где фермеры активно используют инструменты цифрового маркетинга. Широкое использование IoT-технологий позволило сократить издержки производства, снизить риски, повысить производительность труда, а также получить дополнительный источник прибыли фермерских хозяйств – туристский продукт. В данной стране уже в 1991 г. создали Ассоциацию туризма в агропромышленной отрасли Австрии (Austrian Farm Holidays Association) [4].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Цифровая маркетинговая деятельность сейчас выступает в роли ключевого процесса для всех компаний, включая и фермерские предприятия. Реклама обходится достаточно недорого и посредством цифрового маркетинга есть возможность расширить базу клиентов, улучшить имидж предприятия, увеличить доходы и добиться желаемых результатов в маркетинге.

Маркетинг в сельскохозяйственном секторе играет фундаментальную роль, поскольку способствует хорошей продаже и распространению продукции. Она скоропортящаяся, поэтому, если возникнут проблемы, это будет означать большие затраты для производителей сельскохозяйственной продукции (труд, вода, земля и т. д.). Кроме того, продукты, которые они предлагают, не очень дифференцированы, поэтому необходима помощь маркетинга, чтобы повысить ценность продуктов и изменить ситуацию. Использование агромаркетинга упростит и ускорит процессы дистрибуции в этом секторе.

Для использования цифрового маркетинга в АПК можно дать следующие рекомендации:

1. Дать бизнесу мощный сайт электронной коммерции. Построение бизнеса сельскохозяйственной компании на основе надежного веб-сайта

электронной коммерции имеет большое значение. Если сельхозпроизводитель попытается создать свой сайт, используя тот же шаблонный подход, что и другие компании в других отраслях, остальные его усилия в области электронной коммерции пострадают.

2. Брать пример с других сельскохозяйственных компаний. Провести глубокий анализ конкурентов. Несмотря на то что сельскохозяйственная отрасль немного медленнее внедряет онлайн-маркетинг, все еще существует множество успешных компаний, которые могут послужить источником вдохновения для вашего подхода.

3. Начать можно с малого – с контекстной рекламы.

4. Инвестировать в долгосрочные результаты с помощью SEO. Например, можно использовать блог для привлечения посетителей. После того как залачено за его написание, он может продолжать стабильно привлекать трафик в течение многих лет, не затрачивая больше ни копейки. Прежде чем создавать, следует убедиться в спросе конкретного сельскохозяйственного сегмента.

5. Тематические исследования. Возможно, в большей степени, чем любой другой покупатель, потребители из сельскохозяйственной отрасли, прежде всего, практичны. Ничего так не доказывает, на что способны продукты или услуги, как хороший кейс: доказательства помещаются прямо перед потенциальными клиентами и показывают им, что именно они должны получить, став клиентом. Нужна преднамеренная стратегия, чтобы увидеть эти мощные маркетинговые активы. Для этого нужно настроить таргетинг на ключевое слово с помощью релевантного поста, а затем применить к нему свой пример. Можно также рассмотреть возможность использования своих тематических исследований в качестве закрытого контента, к которому посетители веб-сайта могут получить доступ только после того, как предоставят вам контактную информацию. Поэтому закрытый контент может быть мощным для подпитки эффективных маркетинговых кампаний по электронной почте.

6. Использовать возможности электронной почты для максимальной рентабельности инвестиций. Электронная почта предлагает лучшую рентабельность инвестиций среди всех каналов: одно исследование показало, что он возвращает 38 долларов на каждый потраченный 1 доллар. Для одной компании из пяти рентабельность инвестиций составляет поразительные 70:1 [14].

Однако тип маркетинговой стратегии по электронной почте, которая принесет такие результаты для сельскохозяйственного бизнеса, будет зависеть от уникального сегмента отрасли. Можно использовать электронную почту так же, как сообщения в блогах, предлагая полезную информацию, кото-

рая укрепляет авторитет. В других случаях лучшим подходом может быть просто реклама списка со специальными предложениями и скидками. И, конечно же, многие агропредприятия используют комбинацию этих подходов.

7. Оформить социальные сети с систематическим пополнением интересного и веселого контента. Для этого лучше привлечь профессионалов, а для увеличения подписчиков можно обратиться к инфлюенсерам АПК (лидерам мнений). Благодаря работе с влиятельными лицами сельскохозяйственные компании могут продвигать свои свежие продукты дальше, поскольку они будут влиять на большее количество людей. При выборе влиятельных лиц для работы не обязательно, чтобы они были посвящены сельскохозяйственному сектору, поскольку их не так много и они могут быть малоизвестны. Выберите лидеров мнений из других секторов, которые известны и связаны с предлагаемым продуктом. Например, коллаборации с поварами, спортсменами.

Так как государственными органами Российской Федерации было определено направление на повышение вложений АПК в бюджет страны, но большая часть компаний не обладает необходимыми ресурсами для совершенствования деятельности, ключевое решение заключается в предоставлении грантов и участии в крупнейших программах по совершенствованию агропромышленного комплекса. Тем не менее, невзирая на серьезный акцент государственных органов на разных уровнях на АПК, уровень эффективности производственной деятельности в сельском хозяйстве до сих пор невысок для того, чтобы без дополнительных инвестиций осуществлять обновление отрасли. Несмотря на то что многие сельскохозяйственные предприятия по-прежнему преуспевают, придерживаясь проверенных каналов, таких как журналы и торговые выставки, это не причина игнорировать то, что цифровой маркетинг может предложить.

Библиографический список

1. Барашев В. В. Использование цифровых технологий в сельском хозяйстве: мировой опыт и перспективы применения в России // Матрица научного познания. 2021. № 8-1. С. 66–74.
2. Григорьев М. Н. Маркетинг: учебник для вузов. Москва: Юрайт, 2020. 559 с.
3. Ефремов А. А. Особенности оценки эффективности маркетинговых коммуникаций в агропромышленном комплексе // Аграрная экономика. 2020. № 10 (305). С. 42–48.
4. Клюкин А. Д., Кивуля Д. С. Устойчивое развитие в сельском хозяйстве: использование цифровых технологий в отраслях // Аграрная экономика. 2022. № 9 (328). С. 50–58. DOI :10.29235/1818-9806-2022-9-50-58.
5. Мамяченков В. Н., Анисимов А. Л., Молокова Е. Л. Состояние сельского хозяйства Среднего Урала в «застойное» десятилетие (1971–1980 годы): развитие или стагнация? // Научный диалог. 2022. Т. 11. №. 6. С. 454–470.
6. Сибиряев А. С., Зазимко В. Л., Додов Р. Х. Цифровая трансформация и цифровые платформы в сельском хозяйстве // Вестник НГИЭИ. 2020. № 12 (115). С. 96–108. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10124.
7. Суркова Н. В. Маркетинг в агропромышленном комплексе: учебник и практикум для вузов. Москва: Юрайт, 2021. 314 с.
8. Чеплев В. Е. Теоретические и практические аспекты применения digital-маркетинга в АПК // Бизнес и дизайн ревю. 2020. № 1 (17). С. 4–8.
9. Шуляков А. В., Бобер В. С. Теория и практика формирования цифрового имиджа // Доклады ТСХА: Международная научная конференция, посвященная 175-летию К. А. Тимирязева. Москва, 2019. С. 541–544.
10. Шуляков А. В., Скосырских Б. Р. Цифровой маркетинг как инструмент формирования прогресса // Бизнес и дизайн ревю. 2019. № 3 (15). С. 5–10.
11. Меле Н. Лучший вариант электронного маркетинга для смартфона – это рассылка [Электронный ресурс]. URL: <https://hbr-russia.ru/marketing/tsifrovoy-marketing/p17528> (дата обращения: 20.10.2022).
12. Фуколова Ю. Новая эра маркетинга [Электронный ресурс]. URL: <https://hbr-russia.ru/marketing/tsifrovoy-marketing/a25041> (дата обращения: 20.10.2022).
13. Disha Dinesh. 6 Ways to Amplify Your Brand Messaging on Social Media [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ronsela.com/brand-messaging> (дата обращения: 20.10.2022).
14. Nabieva N. The Use of Digital Technology in Marketing // Bulletin of Science and Practice. 2021. Vol. 7. No 6. Pp. 375–381. DOI: 10.33619/2414-2948/67/42.
15. Ron Sela. Content Development – How to Develop Top Content for Your Website [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ronsela.com/content-development> (дата обращения: 20.10.2022).

Об авторах:

Елена Сергеевна Куликова¹, кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления, ORCID 0000-0003-4924-9707, AuthorID 646255, +7 922 028-70-08, e.s.kulikova@mail.ru

Ольга Александровна Рущицкая², доктор экономических наук, доцент, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; +7 912 677-05-00, olgaru-arbitr@mail.ru

Татьяна Ивановна Кружкова², кандидат исторических наук, доцент кафедры менеджмента и экономической теории Уральского государственного аграрного университета. ORCID 0000-0002-9564-7928, AuthorID 697760; +7 912 206-64-22, rustale@yandex.ru

¹ Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Digital marketing infrastructure of rural areas

E. S. Kulikova¹✉, O. A. Rushchitskaya², T. I. Kruzhkova²

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: e.s.kulikova@mail.ru

Abstract. Digital technological means are developing, the number of Internet users is growing, so marketing activities play a key role for every organization, companies in the agricultural economic sphere are not developing either. Marketing activity has the character of an opportunity to attract new consumers and build communications with old customers. If such activities are not used, then at present it is fraught with economic losses, and the loss of all business activities as a whole. A number of scientific and technological revolutions have changed a lot, the activity and features of the agro-industrial complex. Currently, a large number of specialists use the fact of implementation in the digital sector of the agricultural industry. This problem is becoming increasingly important in the formation and dissemination of projects aimed at the development of digital technologies in the industry. **The purpose of this article** is a study that draws attention to the activity of representatives of the agricultural type, and a proposal based on its assumption. **Objectives:** to conduct a bibliographic analysis of approaches to marketing the agricultural sector; to consider the key categories of digital technologies for agricultural enterprises; to analyze the use and wider application of marketing tools in the agricultural sector. **Methods.** When monitoring the sensors of socio-economic analysis, graphic and analytical methods, a systematic approach. **Results.** A study and description of the most common area of activity has been carried out, which allows expanding communication with users of agricultural products and increasing their number. The features of the use of digital technologies in the agricultural economy are revealed. Certain main reasons arising from the use of technological tools in the agricultural industry. **Scientific novelty.** It was revealed that enterprises in sectoral management often do not have the opportunity to purchase goods and sell the market. Solving the problem of wider use of digital communication technologies in the industry, the possible implementation of separate and distributed software products aimed at the development of the agricultural industry.

Keywords: digital marketing activity, agricultural industry, email marketing, SEO marketing, SMM.

For citation: Kulikova E. S., Rushchitskaya O. A., Kruzhkova T. I. Tsifrovaya infrastruktura marketinga sel'skikh territoriy [Digital marketing infrastructure of rural areas] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 98–106. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-98-106. (In Russian.)

Date of paper submission: 31.10.2022, **date of review:** 21.11.2022, **date of acceptance:** 16.12.2022.

References

1. Barashev V. V. Ispol'zovaniye tsifrovyykh tekhnologiy v sel'skom khozyaystve: mirovoy opyt i perspektivy primeneniya v Rossii [The use of digital technologies in agriculture: world experience and prospects for application in Russia] // Matritsa nauchnogo poznaniya. 2021. No. 8-1. Pp. 66–74. (In Russian.)
2. Grigor'yev M. N. Marketing: uchebnik dlya vuzov [Marketing: a textbook for universities]. Moscow: Yurayt, 2020. 559 p. (In Russian.)

3. Efremov A. Osobennosti otsenki effektivnosti marketingovykh kommunikatsiy v agropromyshlennom komplekse [Features of evaluating the effectiveness of marketing communications in the agro-industrial complex] // Agrarian Economics. 2020. No. 10 (305). Pp. 42–48. (In Russian.)
4. Klyukin A. D., Kivulya D. S. Ustoychivoye razvitiye v sel'skom khozyaystve: ispol'zovaniye tsifrovyykh tekhnologiy v otraslyakh [Sustainability in agriculture: the use of digital technologies in industries] // Agrarian Economics. 2022. No. 9 (328). Pp. 50–58. DOI: 10.29235/1818-9806-2022-9-50-58. (In Russian.)
5. Mamyachenkov V. N., Anisimov A. L., Molokova E. L. Sostoyaniye sel'skogo khozyaystva Srednego Urals v “zastoynoye” desyatiletiiye (1971–1980 gody): razvitiye ili stagnatsiya? [The state of agriculture in the Middle Urals in the “stagnant” decade (1971–1980): development or stagnation?] // Scientific Dialogue. 2022. Vol. 11. No. 6. Pp. 454–470. (In Russian.)
6. Sibiryayev A. S., Zazimko V. L., Dodov R. Kh. Tsifrovaya transformatsiya i tsifrovyye platformy v sel'skom khozyaystve [Digital transformation and digital platforms in agriculture] // Bulletin NGIEI. 2020. No. 12 (115). Pp. 96–108. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10124. (In Russian.)
7. Surkova N. V. Marketing v agropromyshlennom komplekse: uchebnik i praktikum dlya vuzov [Marketing in the agro-industrial complex: textbook and workshop for universities]. Moscow: Yurayt, 2021. 314 p. (In Russian.)
8. Cheplev V. E. Teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty primeneniya digital-marketinga v APK [Theoretical and practical aspects of the use of digital marketing in the agro-industrial complex] // Biznes i dizayn revyu. 2020. No. 1 (17). Pp. 4–8. (In Russian.)
9. Shuldyakov A. V., Bober V. S. Teoriya i praktika formirovaniya tsifrovogo imidzha [Theory and practice of digital image formation] // Doklady TSKHA: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya 175-letiyu K. A. Timiryazeva. Moscow, 2019. Pp. 541–544. (In Russian.)
10. Shuldyakov A. V., Skosyrskikh B. R. Tsifrovoy marketing kak instrument formirovaniya progressa [Digital marketing as a tool for shaping progress] // Biznes i dizayn revyu. 2019. No. 3 (15). – Pp. 5–10. (In Russian.)
11. Mele N. Luchshiy variant elektronnoy marketinga dlya smartfona – eto rassylka [The best email marketing option for a smartphone is a newsletter] [e-resource]. URL: <https://hbr-russia.ru/marketing/tsifrovoy-marketing/p17528> (date of reference: 20.10.2022). (In Russian.)
12. Fukolova Yu. Novaya era marketinga [New era of marketing] [e-resource]. URL: <https://hbr-russia.ru/marketing/tsifrovoy-marketing/a25041> (date of reference: 20.10.2022). (In Russian.)
13. Disha Dinesh. 6 Ways to Amplify Your Brand Messaging on Social Media [e-resource]. URL: <https://www.ronsela.com/brand-messaging/> (date of reference: 20.10.2022).
14. Nabieva N. The Use of Digital Technology in Marketing // Bulletin of Science and Practice. 2021. Vol. 7. No. 6. Pp. 375–381. DOI: 10.33619/2414-2948/67/42.
15. Ron Sela. Content Development – How to Develop Top Content for Your Website [e-resource]. URL: <https://www.ronsela.com/content-development> (date of reference: 20.10.2022).

Authors' information:

Elena S. Kulikova¹, candidate of economic sciences, associate professor of the department of state and municipal administration, ORCID 0000-0003-4924-9707, AuthorID 646255; +7 922 028-70-08, e.s.kulikova@mail.ru

Olga A. Rushchitskaya², doctor of economics, associate professor, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; +7 912 677-05-00, olgaru-arbitr@mail.ru

Tatyana I. Kruzhkova², candidate of historical sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-9564-7928, AuthorID 697760; +7 912 206-64-22, rustale@yandex.ru

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. 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: 09.02.2023 г. Усл. печ. л. 12,3. Авт. л. 10,5.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

