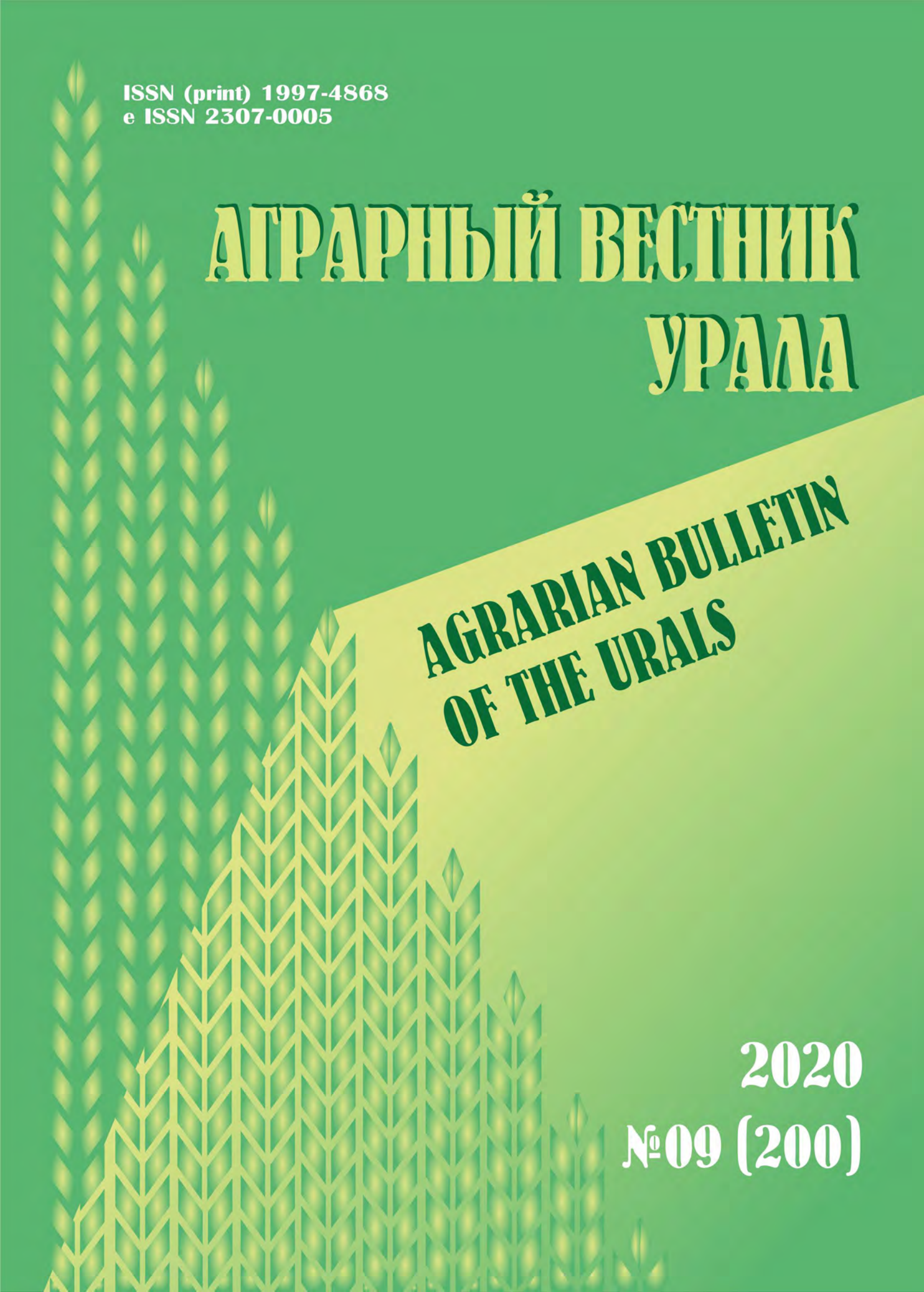




ISSN (print) 1997-4868
e ISSN 2307-0005

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2020
№09 (200)**

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)
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)
Б. А. Воронин, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Кошаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
А. Г. Самodelкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, 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, доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, директор, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

Irina M. Donn timer (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga G. Lore t t s (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sót on y i (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)
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)
Boris A. Voronin, 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)
Aleksandr S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, “Uralplemtsentr” (Ekaterinburg, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashtetskiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy (Nizhniy Novgorod, 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, doctor of veterinary sciences, professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, director, Ural Federal Agrarian Research Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (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

- Н. М. Велижанов* 2
Создание сортов и гибридов томата в Дагестане
- В. К. Дридигер, Р. Г. Гаджиумаров* 9
Возделывание сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева в крайне засушливой зоне Ставропольского края
- М. Ю. Карпукхин, А. В. Абрамчук, С. Е. Сапарклычева* 17
Динамика структурного состава и продуктивности лопанта тибетского под влиянием различных видов минеральных удобрений
- А. Д. Решетников, А. И. Барашкова* 26
Эффективный метод борьбы с дикорастущей коноплей (*Cannabis L.*) путем ее подавления севом донника (*Melilotus Mill.*)

Биология и биотехнологии

- П. И. Костылев, Е. В. Краснова, А. В. Аксенов, Э. С. Балукова* 32
Анализ наследования окраски перикарпа и других признаков у гибрида риса Кубояр × Гагат
- А. С. Krivonogova, I. M. Donnik, A. G. Isaeva, K. V. Moiseeva* 42
Methodology for compiling a microbial resistance passport for dairy farms
- Т. А. Ларкина, А. А. Крутикова, Г. К. Пегливанян, Н. В. Дементьева* 48
Поиск полиморфных вариантов гена *LCORL* с помощью секвенирования по Сенгеру у пород кур различного направления продуктивности
- Т. Г. Леконцева, А. В. Федоров* 55
Совершенствование технологии размножения винограда in vitro
- О. Б. Райзер, О. Н. Хапилина* 63
iPBS-полиморфизм редких реликтовых и исчезающих видов *Allium*, произрастающих на территории Казахстанского Алтая

Экономика

- Л. А. Головина, М. М. Кислицкий* 74
Цифровой вектор во взаимодействии субъектов аграрного производства
- А. Г. Мокроносов, А. В. Анисимов, М. А. Анисимова* 83
Сельскохозяйственная кредитная потребительская кооперация в Уральском регионе: текущее состояние, меры по развитию
- Н. А. Никонова* 92
К вопросу о структурных сдвигах в территориальном размещении производства молока в условиях Ленинградской области

Contents

Agrotechnologies

- N. M. Velizhanov* 2
Creation of varieties and hybrids of tomato in Dagestan
- V. K. Dridiger, R. G. Gadzhiumarov* 9
Cultivation of agricultural crops using direct seeding technology in the extremely arid zone of the Stavropol Territory
- M. Yu. Karpukhin, A. V. Abramchuk, S. E. Saparklycheva* 17
Dynamics of the structural composition and productivity of the *Lophanthus tibeticus* under the influence of various types of mineral fertilizers
- A. D. Reshetnikov, A. I. Barashkova* 26
Method for wild hemp (*Cannabis L.*) elimination by means of its suppression with sowing melilot (*Melilotus Mill.*)

Biology and biotechnologies

- P. I. Kostylev, E. V. Krasnova, A. V. Aksenov, E. S. Balyukova* 32
Analysis of the inheritance of pericarp color and other characters in the rice hybrid Kuboyar × Gagat
- A. S. Krivonogova, I. M. Donnik, A. G. Isaeva, K. V. Moiseeva* 42
Methodology for compiling a microbial resistance passport for dairy farms
- T. A. Larkina, A. A. Krutikova, G. K. Peglivanyan, N. V. Dementieva* 48
Search for polymorphic variants of the *LCORL* gene using Sanger sequencing in chickens of various directions of productivity
- F. G. Lekontseva, A. V. Fedorov* 55
Improvement of the grapes propagation technology in vitro
- O. B. Raizer, O. N. Khapilina* 63
iPBS polymorphism of rare relict and endangered *Allium* species growing on the territory of Kazakhstan Altai

Economy

- L. A. Golovina, M. M. Kislitskiy* 74
Digital vector in the technological interaction of agricultural production entities
- A. G. Mokronosov, A. V. Anisimov, M. A. Anisimova* 83
Agricultural credit consumer cooperation in the Ural region: current state, development measures
- N. A. Nikonova* 92
The question of structural changes in the territorial location of milk production in the Leningrad region

Создание сортов и гибридов томата в Дагестане

Н. М. Велижанов^{1✉}

¹ Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан РАН, Махачкала, Россия

✉ E-mail: nizamivelijanov@mail.ru

Аннотация. В Республике Дагестан в 2018 году произведено свыше 1394 тыс. т овощей (в том числе 320 тыс. т томатов), и имеются все условия для того, чтобы значительно увеличить площади, повысить урожайность этой ценной культуры и обеспечить как местное население, так жителей северных регионов полноценной продукцией питания. **Методы.** Селекционную работу проводили в коллекционном питомнике Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан в 2016–2018 гг. Наблюдения и учеты проводили в соответствии с требованиями широкой унифицированной классификации СЭВ рода *Lycopersicon Tourn.* Для изучения морфобиологических признаков перспективных линий использовали рекомендации UPOV для культуры томата. Учет урожайности проводили по методикам ГСИ. Изучение морфологии плодовой кисти проводили путем описания и измерения структурных единиц соцветия на 2–3 типичных для образцов растениях. **Результаты.** Образование плодов у гибридов F_2 было достаточно высоким, однако наблюдались существенные различия по массе и форме плодов. В гибридах F_3 преобладали растения индетерминантного и детерминантного типов с красными и оранжевыми плодами. По массе плода варьирование составляло 108–148 г. Следует отметить эффект материнского фактора, который неоднозначен и зависит как от комбинации, так и от признака завязываемости. **Научная новизна.** В результате отборов по комплексу признаков в отдельных семьях получены линии, сочетающие высокую устойчивость к жаре и засухе по гаметофиту и характеризующиеся высокой завязываемостью плодов к высокой температуре в разные годы. Выявлены 4 линии: F_3 Л 20/07 × Л 20/11, F_4 Гигантская роза × Фонарик, F_3 (Л 20/07 × Невский) × Л 20/07, F_4 Фонарик × Гигантская роза с полудетерминантным типом роста, с крупными плодами. **Ключевые слова:** томат, гибрид, селекция, генотип, скрещивания, плод, устойчивость, оценка.

Для цитирования: Велижанов Н. М. Создание сортов и гибридов томата в Дагестане // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-2-8.

Дата поступления статьи: 28.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Сельскохозяйственное производство Республики Дагестан нуждается в улучшении отечественного сортимента томата. Особенно остро ощущается недостаток в ультраскороспелых и среднеспелых группах созревания, необходимых для бесперебойной работы консервной промышленности и обеспечения потребности населения в летнее время. В Республике в 2018 году произведено свыше 1394 тыс. т овощей (в том числе 320 тыс. т томатов), и имеются все условия для того, чтобы значительно увеличить площади, повысить урожайность этой ценной культуры и обеспечить как местное население, так жителей северных регионов полноценной продукцией питания. Для этого в первую очередь необходимы скороспелые гибриды и сорта [2, с. 4], [3, с. 67]. Томат – одна из основных овощных культур, которые выращиваются по всей территории республики. За климатическими, почвенными условиями – достаточно значительный ареал: прохладные, сырые условия северной и предгорной зон и жаркие, засушливые – центральной и южной зон [1, с. 16].

В первых зонах это в основном небольшие приусадебные участки, где томат выращивают часто подвязкой на колья шпалеры. Это также большие высокотехнологические площади, на которых выращивают ценные плоды на орошении для вывоза в центральные, северные регионы

страны и частичной промышленной переработки [8, с. 16], [12, с. 71]. Следует отметить, что многообразны и требования к новым сортам и гибридам F_1 томата. Фактически селекционер оценивает, комбонует в одном генотипе от 40 до 60 хозяйственно ценных признаков, которые зачастую находятся в отрицательных взаимосвязях между собой [4, с. 7], [5, с. 11]. Обеспечить запросы потребителя к новым генотипам томата возможно, лишь имея в распоряжении высококачественный исходный материал, содержащий комплекс желательных признаков [7, с. 31], [8, с. 122]. Создание экологически пластичных сортов, обеспечивающих достаточно высокие урожаи в благоприятных условиях возделывания и стабильную урожайность в стрессовых условиях, является основной задачей, которая послужит повышению нижнего порога урожайности выращиваемых сортов в республике. В связи с вышеизложенным **целью наших исследований** являлось изучение изменчивости и наследуемости основных селекционно значимых признаков при подборе родительских пар для получения гибридов томата в открытом грунте.

Методология и методы исследований (Methods)

Селекционную работу проводили в коллекционном питомнике Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан в 2016–2018 гг. В изучение ежегодно было включено 30 сортов томата отечественной и зарубежной

селекции. Опыты закладывали на светло-каштановых почвах. Содержание подвижного азота в почве составляют 4,2–5,6 мг, подвижного фосфора (фосфаты) – 6,2–8,6 мг, обменного калия – 40–50 мг на 100 г почвы. Мощность пахотного слоя – 30–35 см, окультуренность почвы хорошая. Погодные условия в годы исследований в целом были благоприятны для развития растений. Наиболее благоприятным как по температурному режиму, так и по количеству осадков был 2017–2018 сельскохозяйственные годы, положительное влияние наблюдалось во все периоды роста и развития растений томата. Высаживалось по 27–30 растений на делянках площадью 12,4 м². Наблюдения и учеты проводили в соответствии с требованиями широкой унифицированной классификации СЭВ рода *Lycopersicon* Tourm. Для изучения морфо биологических признаков перспективных линий использовали рекомендации UPOV для культуры томата. Учет урожайности проводили по методикам ГСИ, обработку систематизацию материала по Доспехову. [6, с. 31], [9, с. 58], [10, с. 141]. Проводили фенологические наблюдения. Отмечали сроки: посев, всходы, цветение, начало плодоношения, начало созревания, массовое созревание. Определяли тип растения, форму, окраску плода и его устойчивость к растрескиванию, качественный и весовой учет урожая. Изучение морфологии плодовой кисти проводили путем описания и измерения структурных единиц соцветия на 2–3 типичных для образцов растениях. Погодные условия различались по го-

дам исследований, что позволило дать более объективную оценку коллекции томата с учетом конкретных условий биотических и абиотических факторов среды. Агротехника – общепринятая в Республике Дагестан для культуры томата.

Результаты (Results)

Для эффективного использования в селекционных программах требуется изучение изменений устойчивости растений в популяциях разных гибридных поколений. Реакция гибридных популяций на отбор – одна из важнейших характеристик их селекционной ценности [13, с. 23], [14, с. 108]. Всесторонний анализ показателей изученных признаков в динамике поколений F_2 , F_3 и F_4 позволяет определить эффективность отбора по наиболее ценным признакам и проследить процесс формирования устойчивости на данном этапе онтогенеза. В скрещиваниях нами были использованы образцы разного географического происхождения.

В процессе изучения гибридных популяций, полученных при скрещивании, и проведении отборов придерживались 2 принципов:

- 1) принцип трансгрессивности – отбор из расщепляющихся гибридных популяций редких и ценных генотипов, значительно превышающих значения родительских компонентов по искомым признакам;
- 2) сочетание в одном генотипе желаемых признаков [15, с. 26].

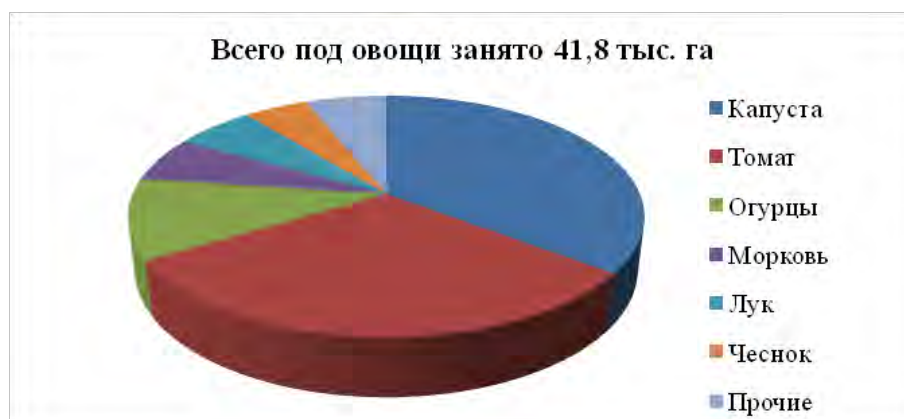


Рис. Структура площадей, занятых под овощные культуры за 2018 год

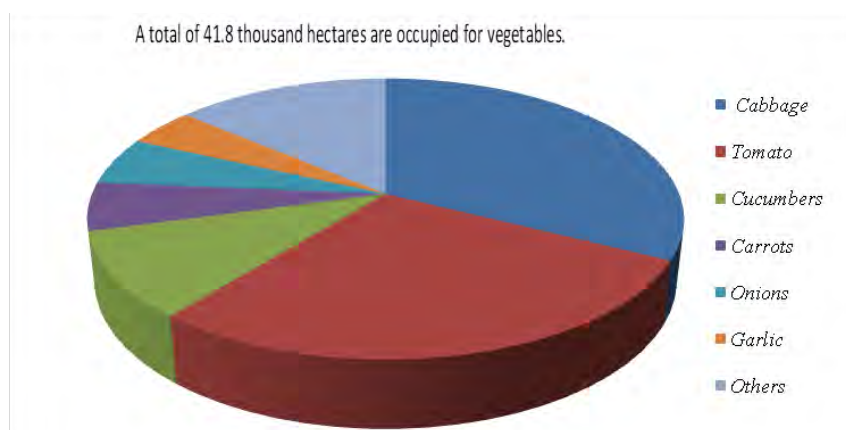


Fig. The structure of the squares occupied for vegetable crops for 2018

Таблица 1
Характеристика сортов и линий томата,
полученных на основе межсортовой и межвидовой гибридизации

№	Линии, сорта	Общая урожайность, т/га				Урожайность за 15 суток плодоношения			
		2016	2017	2018	Средняя	2016	2017	2018	Средняя
121	Яна (St)	48,2	47,1	46,1	47,1	9,6	8,7	9,4	9,2
132	F ₃ Л 20/07 × Л 20/11	56,3	52,4	55,2	54,6	13,5	15,2	14,3	14,3
214	F ₃ Л 20/11 × Л 20/07	48,8	45,6	46,2	46,8	12,1	13,2	12,3	12,5
201	F ₂ (Подарочный × Грант) × Памир	53,6	55,1	52,3	53,6	12,6	14,1	12,9	13,2
122	F ₃ (Торпедо × Ямал) × Л 42/3	49,1	46,3	48,6	48,0	11,6	12,2	14,8	12,8
141	F ₄ Гигантская роза × Фонарик	53,3	54,8	52,5	53,5	14,1	11,8	14,3	13,4
211	F ₄ Фонарик × Гигантская роза	46,6	48,4	49,3	48,1	11,7	13,8	12,5	12,6
143	F ₃ (Л 20/07 × Невский) × Л 20/07	53,2	54,5	52,8	53,5	14,5	13,7	14,6	14,2
133	F ₄ (Л 20/11 × Колорадо) × Л 20/11	47,3	50,1	48,2	48,5	12,7	14,8	13,1	13,5
204	F ₂ (Челнок × Ямал) × Фонарик	48,8	47,2	51,4	49,1	13,8	12,1	14,2	13,3
	HCP ₀₅	2,1	2,7	3,1					

Table 1
Characteristics of tomato varieties and lines derived from intersort and interspecies hybridization

No.	Lines, varieties	Total yield, t/ha				Yields For 15 days of fruiting			
		2016	2017	2018	Average	2016	2017	2018	Average
121	Yana (St)	48.2	47.1	46.1	47.1	9.6	8.7	9.4	9.2
132	F ₃ L 20/07 × L 20/11	56.3	52.4	55.2	54.6	13.5	15.2	14.3	14.3
214	F ₃ L 20/11 × L 20/07	48.8	45.6	46.2	46.8	12.1	13.2	12.3	12.5
201	F ₂ (Podarochnyy × Grant) × Pamir	53.6	55.1	52.3	53.6	12.6	14.1	12.9	13.2
122	F ₃ (Torpedo × Yamal) × L 42/3	49.1	46.3	48.6	48.0	11.6	12.2	14.8	12.8
141	F ₄ Gigantskaya roza × Fonarik	53.3	54.8	52.5	53.5	14.1	11.8	14.3	13.4
211	F ₄ Fonarik × Gigantskaya roza	46.6	48.4	49.3	48.1	11.7	13.8	12.5	12.6
143	F ₃ (L 20/07 × Nevskiy) × L 20/07	53.2	54.5	52.8	53.5	14.5	13.7	14.6	14.2
133	F ₄ (L 20/11 × Colorado) × L 20/11	47.3	50.1	48.2	48.5	12.7	14.8	13.1	13.5
204	F ₂ (Chelnok × Yamal) × Fonarik	48.8	47.2	51.4	49.1	13.8	12.1	14.2	13.3
	LSD ₀₅	2.1	2.7	3.1					

Каждое второе поколение гибридной комбинации было представлено 200 растениями. Это дало возможность отобрать для дальнейшей работы растения с искомыми признаками и в первую очередь трансгрессивные формы. Следует отметить, что из гибридных популяций линий заданным комплексом хозяйственно ценных признаков, осложнилось существенным расщеплением признаков у гибридов F₂–F₅. В F₂ наблюдалось значительное расщепление растений, как по типу роста, так и по форме плодов. Выделены растения индетерминантного, детерминантного и супердетерминантного типов роста. Образование плодов у гибридов F₂ было достаточно высоким, однако наблюдались существенные различия по массе и форме плодов. В гибридах F₃ преобладали растения индетерминантного и детерминантного типов с красными и оранжевыми плодами. По массе плода варьирование составляло 108–148 г. (таблица 2).

В результате отборов по комплексу признаков в отдельных семьях получены линии, сочетающие, высокую устойчивость к жаре и засухе по гаметофиту и характеризуются высокой завязываемостью плодов к высокой температуре в разные годы. Выявлены 4 линии F₃ Л 20/07 × Л 20/11, F₄ Гигантская роза × Фонарик, F₃ (Л 20/07 × Невский) × Л 20/07, F₄ Фонарик × Гигантская роза с полудетерминантным типом роста, с крупными плодами. Рост

главного стебля данных линий продолжается более длительное время и заканчивается соцветием.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Использование в скрещиваниях географически отдаленных и морфологически разнокачественных форм позволило получить ряд новых линий (F₃ Л 20/07 × Л 20/11, F₄ Гигантская роза × Фонарик, F₃ (Л 20/07 × Невский) × Л 20/07, F₄ Фонарик × Гигантская роза) с искомыми характеристиками и более высоким порогом хозяйственно ценных признаков, чем исходных родительских форм. Представленная группа линий отличаются устойчивостью к фузариозу и бактериальной пятнистости. При изучении уровня завязываемости, семенной продуктивности, массы плода у рецiproкных гибридов томата установлено значительное их отличие у генотипов, что указывает на влияние материнской формы в качестве компонента гибридизации. Следует отметить, что этот эффект неоднозначен и зависит как от комбинации, так и от признака завязываемости выраженное отличие между рецiproкными гибридами отмечено у гибрида F₃ Л 20/07 × Л 20/11 // F₃ Л 20/11 × Л 20/07: 10,6 %, а для выхода семян на 1 опыленный цветок – F₄ Гигантская роза × Фонарик // F₄ Фонарик × Гигантская роза: 6,6 %. Полученные линии можно с высокой эффективностью использовать в дальнейшем селекционном факторе стресса.

Таблица 2

Показатели роста и развития растений томата, средние за 2016–2018 гг.

№	Высота основного побега, см	Число листьев, шт.	Количество плодonoсящих ветвей	Масса плода, г	Сравнительная характеристика по морфологическим признакам			
					Фаза развития	Число суток от массовых всходов до закладки первой кисти	Количество цветков на первой кисти, шт.	Количество завязей на первой кисти, шт.
121	44	7,3	3,1	121	Бутонизация – цветение	38	7	3
132	37	5,5	3,4	148	Вегетация	44	8	3
214	48	6,7	4,0	116	Бутонизация – цветение	38	7	2
201	53	6,2	3,3	140	Бутонизация – цветение	35	9	4
122	48	5,8	2,8	106	Плодообразование	29	10	0
141	55	5,8	3,7	144	Бутонизация – цветение	31	9	5
211	51	5,7	3,6	127	Начало – бутонизация	37	6	2
143	53	7,3	3,8	146	Бутонизация – цветение	31	9	4
133	47	7,7	4,2	108	Плодообразование	33	7	0
204	54	7,5	4,4	112	Начало – бутонизация	37	10	2

Table 2

Indicators of tomato plant growth and development, average for 2016–2018

No.	Height of the main escape, cm	Number of leaves, pcs.	Number of fruit-bearing branches	Fetal mass, g	Comparative characteristic on morphological traits			
					Development phase	Number of days from mass shoots to laying of the 1st brush	Number of flowers per 1 brush, pcs.	Number of ovaries per 1 brush, pcs.
121	44	7.3	3.1	121	Budding – flowering	38	7	3
132	37	5.5	3.4	148	Vegetation	44	8	3
214	48	6.7	4.0	116	Budding – flowering	38	7	2
201	53	6.2	3.3	140	Budding – flowering	35	9	4
122	48	5.8	2.8	106	Fruiting	29	10	0
141	55	5.8	3.7	144	Budding – flowering	31	9	5
211	51	5.7	3.6	127	Start – budding	37	6	2
143	53	7.3	3.8	146	Budding – flowering	31	9	4
133	47	7.7	4.2	108	Fruiting	33	7	0
204	54	7.5	4.4	112	Start – budding	37	10	2

Таблица 3

Сравнительные данные завязываемости и семенной продуктивности у линий томата, средние за 2016–2018 гг.

№	Линии, сорта	Количество опыленных цветков, шт.	Завязываемость плодов, %	Выход семян на 1 цветок, шт.	Обсемененность плода, шт.
121	Яна (St)	24	21,1	18,0	88
132	F ₃ Л 20/07 × Л 20/11	36	27,4	17,3	75
214	F ₃ Л 20/11 × Л 20/07	29	16,8	15,4	58
201	F ₂ (Подарочный × Грант) × Памир	56	12,4	4,3	22
122	F ₃ (Торпедо × Ямал) × Л 42/3	42	19,6	7,6	47
141	F ₄ Гигантская роза × Фонарик	46	21,3	11,0	45
211	F ₄ Фонарик × Гигантская роза	44	18,7	4,4	43
143	F ₃ (Л 20/07 × Невский) × Л 20/07	58	24,2	9,2	42
133	F ₄ (Л 20/11 × Колорадо) × Л 20/11	61	14,8	7,7	23
204	F ₂ (Челнок × Ямал) × Фонарик	54	17,4	9,7	31

Table 3

Comparative data on mating and seed productivity in tomato lines, average for 2016–2018

No.	Lines, varieties	Number of pollinated flowers, pcs.	Fetal tying, %	Seed output per flower, pcs.	The insemination of the fruit, the pcs.
121	Yana (St)	24	21.1	18.0	88
132	F ₃ L 20/07 × L 20/11	36	27.4	17.3	75
214	F ₃ L 20/11 × L 20/07	29	16.8	15.4	58
201	F ₂ (Podarochnyy × Grant) × Pamir	56	12.4	4.3	22
122	F ₃ (Torpedo × Yamal) × L 42/3	42	19.6	7.6	47
141	F ₄ Gigantskaya roza × Fonarik	46	21.3	11.0	45
211	F ₄ Fonarik × Gigantskaya roza	44	18.7	4.4	43
143	F ₃ (L 20/07 × Nevskiy) × L 20/07	58	24.2	9.2	42
133	F ₄ (L 20/11 × Colorado) × L 20/11	61	14.8	7.7	23
204	F ₂ (Chelnok × Yamal) × Fonarik	54	17.4	9.7	31

Библиографический список

1. Авилова К. В. [и др.] Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2015 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ имени М. В. Ломоносова / Под. ред. О. А. Шиловцевой. М. : МАКС Пресс, 2016. 268 с.
2. Велижанов Н. М. Оптимизация элементов технологии выращивания семян овощных культур // Ресурсосберегающие технологии в земледелии: сборник научных трудов по материалам IV Международной научно-практической конференции. Ярославль, 2019. С. 3–7.
3. Велижанов Н. М. Ресурсосберегающие факторы повышения продуктивности овощных культур и плодородия почв // Научные достижения молодых ученых в АПК: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистров, аспирантов и молодых ученых. Махачкала, 2019. С. 67–74.
4. Гамзиков Г. П. Почвенная диагностика азотного питания растений и применения азотного питания растений в севооборотах // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 8–14.
5. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс]. URL: http://sorttest.by/gosudarstvennyy_reyestr_2019.pdf (дата обращения: 11.09.2019).
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб., 1985. М.: Альянс, 2014. 351 с.
7. Литвинов С. С. Фитосанитарные проблемы в современном овощеводстве // Защита и карантин растений. 2015. № 4. С. 3–6.
8. Маскаленко О. А., Беяева А. В., Мальцева Д. А., Нековаль С. Н. Изучение и поддержание генетической коллекции томата ФГБНУ ВНИИБЗР // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы X Всероссийской конференции молодых ученых. Краснодар, 2017. С. 366–367.
9. Кондратьева И. Ю., Голубкина Н. А. Соотношение каротиноидов в плодах разной окраски // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы XIII международной конференции. Сочи, 2018. С. 193–195.
10. Кузьменко В. И., Яровой Г. И. Влияние предпосевной обработки семян томата на их посевные качества и пораженность болезнями // Овощи России. 2015. № 1 (26). С. 60–63.
11. Енгальчева И. А., Пышная О. Н., Козарь Е. Г. Предбридинговая селекция перца сладкого на устойчивость к вирусу бронзовости томата (TSWV) // Вестник защиты растений. 2015. № 4(86). С. 40–44.
12. Сердеров В. К. Картофель: монография. Махачкала, 2016. 304 с.
13. Сухоруков А. А. Влияние различных типов засухи на урожайность сортов озимой пшеницы // Молодой ученый. 2015. № 22.2. С. 12–14.
14. Enujeke E. C., Emuh F. N. Evaluation of some growth and yield indices of five varieties of tomato (*lycopersicon esculentum* mill) in Asaba area of delta state // Global Journal of Bio-Science and Biotechnology. 2015. No. 4 (1). Pp. 21–26.
15. Rahman M., Nahar M. A., Sahariar M. S., Karim M. R. Plant growth regulators promote growth and yield of summer tomato // Progressive Agriculture. 2015. No. 26. Pp. 32–37.

Об авторах:

Низами Мейланович Велижанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-1297-1624, AuthorID 286958; +7 (8722) 60-07-26, nizamivelijanov@mail.ru

¹ Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан РАН, Махачкала, Россия

Creation of varieties and hybrids of tomato in Dagestan

N. M. Velizhanov¹

¹ Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan of Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

E-mail.ru: nizamivelijanov@mail.ru

Abstract. More than 1.394 thousand people have been produced in the Republic in 2018 tons of vegetables, including tomatoes – 320 000 tons, and there are all conditions in order to significantly increase the area, increase the yield of this valuable crop and provide both the local population and residents of the northern regions with a full supply of food. **Methods.** The selection work was carried out in the collection nursery of the Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan in 2016–2018. Observations and records were carried out in accordance with the requirements of the broad unified classification of the Council for Mutual Economic Assistance genus *Lycopersicon* Tourn. UPOV recommendations for tomato culture were used to study the morpho biological traits of forward-looking lines. The yields were taken into account according to the methods of the State system for ensuring uniformity of measurements. The study of the morphology of the fruit brush was carried out by describing and measuring the structural units of inflorescence on 2–3 typical plants for samples. **Results.** The formation of fruit in F2 hybrids was quite high, but there were significant differences in the mass and shape of fruits. F3 hybrids were dominated by indeterminant and determinant plants with red and orange fruits. The weight of the fruit varied by 108–148 g. It should be noted that the effect of the maternal factor, which is ambiguous and depends both on the combination and on the sign of tie. **Scientific novelty.** As a result of selections on the complex of traits in individual families received lines combining, high resistance to heat and drought on gametophyte and characterized by high tying of fruits to high temperatures in different years. Revealed 4 lines: F3 L 20/07 × L 20/11, F4 Gigantskaya roza × Fonarik, F3 (L 20/07 × Nevskiy) × L 20/07, F4 Fonarik × Gigantskaya roza with semi-determinant type of growth, with large fruits.

Keywords: tomato, hybrid, selection, genotype, crossbreeding, fruit, stability, evaluation.

For citation: Velizhanov N. M. Sozdanie sortov i gibridov tomata v Dagestane [Creation of varieties and hybrids of tomato in Dagestan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-2-8. (In Russian.)

Paper submitted: 28.05.2020.

References

1. Avilova K. V. [et al.] Ekologo-klimaticheskie kharakteristiki atmosfery v 2015 g. po dannym meteorologicheskoy observatorii MGU imeni M. V. Lomonosova [Eco-climate characteristics of the atmosphere in 2015, according to the meteorological-logical observatory of Moscow State University named after M.V. Lomonosov] / Under the editorship of O. A. Shilovtseva. M. : MAKS Press, 2016. 268 p. (In Russian.)
2. Velizhanov N. M. Optimizatsiya elementov tekhnologii vyrashchivaniya semyan ovoshchnykh kul'tur [Optimization of elements of vegetable seed technology] // Resursosberegayushchie tekhnologii v zemledelii: sbornik nauchnykh trudov po materialam IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Yaroslavl, 2019. Pp. 3–7. (In Russian.)
3. Velizhanov N. M. Resursosberegayushchie faktory povysheniya produktivnosti ovoshchnykh kul'tur i plodorodiya pochv [Resource-saving factors increase the productivity of vegetable crops and soil fertility] // Nauchnye dostizheniya molodykh uchenykh v APK: sbornik trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, magistrrov, aspirantov i molodykh uchenykh. Makhachkala, 2019. Pp. 67–74. (In Russian.)
4. Gamzikov G. P. Pochvennaya diagnostika azotnogo pitaniya rasteniy i primeneniya azotnogo pitaniya rasteniy v sevooborotakh [Soil diagnosis of nitrogen nutrition of plants and the use of nitrogen supply of plants in crop rotations] // Plodorodie. 2018. No. 1 (100). Pp. 8–14. (In Russian.)
5. Gosudarstvennyy reestr sortov [State Registry of Varieties] [e-resource]. URL: http://sorttest.by/gosudarstvennyy_reyestr_2019.pdf (appeal date: 11.09.2019). (In Russian.)
6. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy [Field Experience Technique (with the basics of statistical processing of research results): a textbook for higher agricultural schools]. Stereotyped edition, reprinted from the 5th edition, supplemented and revised, 1985. Moscow: Alyans, 2014. 351 p. (In Russian.)
7. Litvinov S. S. Fitosanitarnye problemy v sovremennom ovoshchevodstve [Phytopathological problems in modern vegetable production] // Zashchita i karantin rasteniy. 2015. No.4. Pp. 3–6. (In Russian.)
8. Maskalenko O. A., Belyaeva A. V., Maltseva D. A., Nekoval S. N. Izuchenie i podderzhanie geneticheskoy kollektsii tomata FGBNU VNIIBZR [Study and maintenance of the genetic collection of tomatoes FGBNU VNIIBZR] // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: Materialy X Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh Krasnodar, 2017. Pp. 366–367. (In Russian.)

9. Kondratieva I. Yu. Golubkina N. A. Sootnoshenie karotinoidov v plodakh raznoy okraski [The ratio of carotenoids in fruits of different colors] // *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya: Materialy XIII mezhdunarodnoy konferentsii*. Sochi, 2018. Pp. 193–195. (In Russian.)
10. Kuzmenko V. I., Yarovaya G. I. Vliyanie predposevnoy obrabotki semyan tomata na ikh posevnye kachestva i porazhenost' boleznyami // *Ovoshchevodstvo* [The effect of pre-planting tomato seeds on their sowing qualities and disease-stricken] // *Vegetable crops of Russia*. 2015. No. 1 (26). Pp. 60–63. (In Russian.)
11. Engalicheva I. A., Pyshnaya O. N., Kozar' E. G. Predbridgovaya selektsiya pertsy sladkogo na ustoychivost' k virusu bronzovosti tomata (TSWV) [Prebreeding selection of sweet peppers on resistance to the tomato bronze virus (TSWV)] // *Plant Protection News*. 2015. No. 4 (86). Pp. 40–44. (In Russian.)
12. Serderov V. K. Kartofel': monografiya [Potatoes: monography] ю Makhachkala 2016. 304 p. (In Russian.)
13. Sukhorukov A. A. Vliyanie razlichnykh tipov zasukhi na urozhaynost' sortov ozimoy pshenitsy [Effect of different types of drought on the yield of winter wheat varieties] // *Molodoy uchenyy*. 2015. No. 22.2. Pp. 12–14. (In Russian.)
14. Enujeke E. C., Emuh F. N. Evaluation of some growth and yield indices of five varieties of tomato (*lycopersicon esculentum* mill) in Asaba area of delta state // *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*. 2015. No. 4 (1). Pp. 21–26.
15. Rahman M., Nahar M. A., Sahariar M. S., Karim M. R. Plant growth regulators promote growth and yield of summer tomato // *Progressive Agriculture*. 2015. No. 26. Pp. 32–37.

Authors' information:

Nizami M. Velizhanov¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-1297-1624, AuthorID 286958; +7 (8722) 60-07-26, nizamivelizhanov@mail.ru

¹ Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan of Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Возделывание сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева в крайне засушливой зоне Ставропольского края

В. К. Дридигер¹, Р. Г. Гаджиумаров¹

¹ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

E-mail: dridiger.victor@gmail.com

Аннотация. Из 245,7 тыс. га, возделываемых в Ставропольском крае по технологии прямого посева, 66,5 % находятся в засушливой зоне, тогда как в крайне засушливой зоне эту технологию не применяют. **Цель работы** – установить возможность и эффективность возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в крайне засушливой зоне Ставропольского края. **Методы.** В полевых опытах, проводимых в производственных условиях ЗАО «Октябрьский» Левокумского района, объектами исследований были яровые культуры (горох, лен масличный, подсолнечник), которые возделывали по технологии прямого посева. После их уборки почву не обрабатывали и сеяли озимую пшеницу. В качестве контроля в технологии прямого посева был чистый химический пар, в котором обработку почвы не проводили и борьбу с сорняками вели химическим методом. Вторым контролем был чистый ранний пар, в котором с сорняками боролись путем обработки почвы по рекомендованной научными учреждениями региона технологии. **Результаты.** Установлено, что в аномально засушливых условиях во время проведения опытов атмосферные осадки, выпадающие зимой и в течение вегетации, обеспечивают получение экономически значимого урожая яровых культур с рентабельностью производства гороха 27,8 %, льна масличного 37,9 и подсолнечника 47,8 %. Урожайность озимой пшеницы по этим предшественникам составила соответственно 23,4; 19,5 и 21,5 ц/га, по чистому и химическому пару получено 28,0 и 28,5 ц/га. В сумме за 2 года наиболее экономически выгодным был посев озимой пшеницы после подсолнечника, где получена самая высокая рентабельность производства – 61,4 %, в звене севооборота, где предшественниками озимой пшеницы были горох и лен масличный, она составила 58,2 и 49,6 %. Самая низкая рентабельность возделывания озимой пшеницы по чистому и химическому парам – 47,7 и 48,4 %.

Ключевые слова: технология, прямой посев, озимая пшеница, горох, лен масличный, подсолнечник, чистый пар, химический пар, урожайность, рентабельность.

Для цитирования: Дридигер В. К., Гаджиумаров Р. Г. Возделывание сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева в крайне засушливой зоне Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 8–16. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-9-16.

Дата поступления статьи: 27.03.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В мировом земледелии все большее распространение получает технология возделывания сельскохозяйственных культур, когда в течение многих лет посев семян производится специальными сеялками в необрабатываемую почву с наличием на ее поверхности растительных остатков предшествующих растений (технология No-till, прямой посев) [1, с. 16], [2, с. 35]. В настоящее время в мире эта технология применяется на площади более 150 млн га [3, с. 6].

В Российской Федерации также наблюдается увеличение площади возделывания полевых культур по этой технологии. При этом наибольшее распространение она получает в степных засушливых районах Северного Кавказа, Поволжья, Урала и Западной Сибири [4, с. 11], [5, с. 9].

В Ставропольском крае сельскохозяйственные культуры по технологии прямого посева возделывают на 245,7 тыс. га, что составляет 6,2 % площади пашни. При этом самые большие площади эта технология занимает в

засушливой зоне – 163,4 тыс. га, или 66,5 % от ее общей площади в крае. Распространение технологии в этой зоне обусловлено лучшим накоплением и более эффективным использованием влаги атмосферных осадков [6, с. 9], [7, с. 30], что позволяет расширить ассортимент возделываемых культур, получать урожай озимых зерновых без чистого пара [8, с. 16], повысить эффективность использования пахотных земель и экономические показатели ведения растениеводства [9, с. 17].

В то же время в крайне засушливой зоне под эту технологию отведено 3,9 тыс. га, что составляет всего 1,6 % от ее площади в крае. В связи с этим целью наших исследований является установить возможность и эффективность возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в крайне засушливой зоне Ставропольского края, где на фоне более высоких температур воздуха выпадает меньше осадков, чем в засушливой зоне.

Методология и методы исследований (Methods)

Полевые опыты проводили в 2017–2018 гг. в производственных условиях ЗАО «Октябрьский» Левокумского района, которое расположено в крайне засушливой зоне Ставропольского края, где основным лимитирующим фактором при возделывании сельскохозяйственных культур является влага. Среднегодовое количество осадков здесь составляет 380–390 мм, за вегетационный период (апрель – август) выпадает 200–220 мм, ГТК 0,63–0,72, сумма температур выше 10 °C составляет 3720–3750 °C, повторяемость летне-осенних засух более 40 % [10, с. 45].

Почвы в хозяйстве и опытного поля светло-каштановые, характеризуются небольшой мощностью гумусового горизонта, низким плодородием, слабой водопроницаемостью, склонностью к заплыванию. Опытное поле характеризовалось низким содержанием гумуса (0,99 %) и подвижного фосфора (14 мг/кг почвы), очень низким содержанием нитратного азота (6,0 мг/кг), и в то же время почва хорошо обеспечена обменным калием – 402 мг/кг почвы, что соответствует его высокому содержанию. Почвенная среда имела слабощелочную реакцию, pH = 8,22.

По метеорологическим условиям годы проведения опытов были аномально засушливыми, когда на фоне повышения среднегодовых температур воздуха в 2017 и 2018 гг. на 1,2 и 1,6 °C осадков выпало соответственно на 121 и 123 мм, или на 31,2 и 31,7 % меньше среднегодового количества.

Однако в 2017 году сильная атмосферная и почвенная засухи наблюдались во второй половине вегетационного периода, когда с июля по сентябрь на фоне повышения среднесуточной температуры воздуха на 2,6 °C выпало 17 мм осадков, что составляет всего 16,0 % от климатической нормы. В 2018 году сильная засуха наблюдалась в первой половине вегетации с превышением температуры воздуха в апреле – июне на 2,0 °C при одновременном уменьшении количества осадков со среднемноголетних 139 мм до 52 мм в этот год, или в 2,7 раза меньше.

В опыте из яровых культур изучали горох, лен масличный и подсолнечник, посев которых проводили без предварительной обработки почвы (по технологии прямого посева). После их уборки почву не обрабатывали и сеяли озимую пшеницу. В качестве контроля в технологии прямого посева был чистый химический пар, в котором обработку почвы не проводили и борьбу с сорняками вели химическим методом. Вторым контролем был чистый ранний пар, в котором с сорняками боролись путем обработки почвы по рекомендованной научными учреждениями региона технологии.

Технологии возделывания яровых культур и озимой пшеницы были общепринятыми. В технологии прямого посева перед севом яровых культур и озимой пшеницы опытные участки опрыскивали гербицидом сплошного действия Тотал (калиевая соль 480 г/л) в дозировке 1,5 л/га. Этим же гербицидом боролись с сорняками в химическом пару. Прямой посев всех культур проводили приобретенной хозяйством сеялкой Amazone Primera DMS с анкерными рабочими органами. Посев озимой пшеницы по чистому раннему пару осуществляли рядовой зерновой сеялкой СЗ-3,6.

Полевые опыты проводили общепринятыми методами [11, с. 71]. Содержание продуктивной влаги в почве перед посевом во время вегетации и после уборки изучаемых культур определяли термостатно-весовым методом, плотность почвы – методом цилиндров. Учет урожая проводили методом механизированной уборки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту. Экономическую эффективность возделывания изучаемых культур рассчитывали на основании технологических карт и в соответствии с методическими рекомендациями по расчету экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Статистическая обработка полученных данных проводилась методом дисперсионного анализа. Площадь посева яровых культур (опытных участков) 2,0–2,2 га, повторность опыта трехкратная.

Результаты (Results)

Основным лимитирующим фактором получения урожая сельскохозяйственных культур в крайне засушливой зоне является влага. Поэтому ее накоплению, сохранению и экономному использованию необходимо уделять самое пристальное внимание. В технологии прямого посева важную роль в выполнении этой задачи играют растительные остатки предшествующих культур, расположенных на поверхности почвы [12 с. 39], [13 с. 316], которые способствуют большему накоплению влаги в почве [14, с. 768] и, соответственно, лучшему обеспечению ею возделываемых культур.

В наших исследованиях предшествующую яровым культурам озимую пшеницу убирали на высоте среза 6–8 см, солому измельчали и вместе с половой равномерно распределяли по поверхности поля (рис. 1).

Масса растительных остатков озимой пшеницы составляла 2,0–2,5 т/га, которых было явно недостаточно, чтобы укрыть всю поверхность поля в несколько слоев. Поэтому наблюдалось неравномерное покрытие поверхности поля соломой и половой и довольно много участков почвы не было прикрыто растительными остатками.

Тем не менее в годы исследованной за счет осенне-зимних осадков и задержания снега стерней озимой пшеницы к посеву гороха ранней весной в метровом слое почвы содержалось 138–143 мм продуктивной влаги, что характеризует их как хорошие влагозапасы в почве для посева ранних яровых культур.

Немного меньше (121–135 мм) продуктивной влаги содержалось перед посевом льна масличного и еще меньше (80–107 мм) было в метровом слое почвы при посеве подсолнечника. Снижение содержания влаги в почве обусловлено более поздним сроком сева льна масличного и особенно подсолнечника, когда в это время наблюдались быстрый рост температуры воздуха и высокая ветровая активность, характерная весной в крайне засушливой зоне, что привело к потере влаги из-за физического испарения с поверхности недостаточно укрытой растительными остатками почвы.

Этого количества влаги в почве было достаточно для получения всходов яровых культур. Всходы гороха были получены через 7 дней после посева, льна масличного – через 9, подсолнечника – через 12. Полевая всхожесть семян составила от 92,7 до 96,0 %.



Рис. 1. Наличие и распределение растительных остатков предшествующей под посев яровых культур озимой пшеницы
Fig. 1. Presence and distribution of plant residues prior to the sowing of spring crops of winter wheat



Рис. 2. Вид поля после посева гороха анкерной сеялкой
Fig. 2. View of the field after sowing peas with an anchor seeder

Таблица 1
Биометрические показатели растений в фазе 4–6 листьев подсолнечника и бутонизации гороха и льна масличного в 2018 г.

Культура	Количество растений, шт/м ²	Сырая масса растений, г/м ²	Высота растений, см
Горох	98	664	25,9
Лен масличный	570	565	34,0
Подсолнечник	5	282	26,8

Table 1
Biometric indicators of sunflower plants in the phase of 4–6 leaves, budding of peas and oilseed flax in 2018

Culture	Quantity plants, pcs/m ²	Wet weight plants, g/m ²	Height plants, cm
Peas	98	664	25.9
Oilseed flax	570	565	34.0
Sunflower	5	282	26.8

В течение вегетации произрастающие растения расходовали влагу. Ее количество в метровом слое почвы во время цветения гороха и льна масличного в середине июня 2017 года, когда количество осадков за апрель, май и июнь соответствовало климатической норме, составило 95 и 93 мм; под подсолнечником, находившимся в это время в фазе 4–6 листьев, было 100 мм.

Однако в 2018 году в это же время в метровом слое почвы под горохом, льном масличным и подсолнечником содержалось соответственно 37, 43 и 71 мм продуктивной влаги. Причиной низкого содержания влаги в почве в этот год была сильная атмосферная весенне-летняя засуха, не характерная для этой зоны.

Другой причиной потери влаги из почвы стал посев яровых культур сеялкой с анкерными рабочими органами, которые в процессе сева, создавая дно борозды для размещения в ней семян, разрыхляют почву, выбрасывая ее по сторонам и перемешивая с растительными остатками предшествующей озимой пшеницы, которых к моменту посева и так оставалось очень мало. После этого рабочие органы сеялки хорошо выравнивали и прикатывали поверхность почвы, но в результате такого сева на поверхности растительные остатки практически отсутствовали, что и стало причиной больших непроизводительных потерь влаги из-за ее физического испарения с ее поверхности (рис. 2).

Однако, несмотря на аномальную атмосферную и почвенную засуху этого года в фазе 4–6 листьев подсолнечника и бутонизации гороха и льна масличного, не наблюдалось гибели растений и их биометрические показатели соответствовали таковым в это время вегетации (таблица 1).

К моменту цветения подсолнечника в первой декаде июля в 2018 году в метровом слое почвы оставалось всего 10 мм продуктивной влаги. Но выпавшие во второй половине июля и августе осадки интенсивностью 99 мм, что соответствует климатической норме, существенно поправили ситуацию, и растения подсолнечника в фазе налива семян сформировали 2249 г/м² надземной биомассы, их линейный рост составил 111 см. К полной спелости сформировались хорошо выполненные семянки, и диаметр корзинки составлял 15–20 см.

Тем не менее из-за засухи в 2018 году урожайность яровых культур была очень низкой и составила у гороха 7,5 ц/га, льна масличного – 5,2, у подсолнечника – 8,2 ц/га. В среднем за 2 года получено соответственно 11,9; 8,6 и 9,5 ц/га.

В оба года исследований в целях борьбы с сорняками за 5–7 дней до посева проводили опрыскивание гербицидом сплошного действия из группы глифосатов. Больше никаких обработок не проводили, так как в течение вегетации сорняки в посевах яровых культур отсутствовали.

Таблица 2

Влияние технологии возделывания и предшественников на биометрические показатели растений озимой пшеницы

Предшественник	Сырая масса растений, г/м ²			Высота растений, см	
	Кущение	Выход в трубку	Полная спелость	Выход в трубку	Полная спелость
Рекомендованная технология					
Пар чистый	82	864	764	36,3	78,8
Технология без обработки почвы					
Пар химический	87	878	752	36,6	73,8
Горох	76	668	744	37,8	67,2
Лен масличный	65	658	556	37,2	66,1
Подсолнечник	71	654	564	30,1	62,8
НСР ₀₅	6	37	34	2,1	3,8

Table 2

The influence of technology of cultivation and predecessors biometric indicators of winter wheat plants

Predecessor	Wet weight plants, g/m ²			Height plants, cm	
	Tillering	Stem-extension	Full ripeness	Stem-extension	Full ripeness
Recommended technology					
Bare fallow	82	864	764	36.3	78.8
Technology without tillage					
Chemical fallow	87	878	752	36.6	73.8
Peas	76	668	744	37.8	67.2
Oilseed flax	65	658	556	37.2	66.1
Sunflower	71	654	564	30.1	62.8
LSD ₀₅	6	37	34	2.1	3.8

Удобрения под яровые культуры также не вносили, поэтому затраты на их возделывание были минимальные, что позволило обеспечить их возделывание экономически выгодным. По ценам реализации в годы исследований рентабельность производства гороха в среднем за 2 года составила 27,8 %, льна масличного – 37,9, подсолнечника – 47,8 %.

После уборки яровых культур во второй декаде октября сеяли озимую пшеницу. К этому времени в метровом слое почвы по этим предшественникам содержалось 13–15 мм продуктивной влаги, в чистом и химическом паре ее было 40–45 мм. В оба года исследований по всем предшественникам продуктивной влаги в верхнем 20-сантиметровом слое почвы не было. Причинами отсутствия влаги являются засуха, характерная в это время в крайне засушливой зоне, а также отсутствие растительных остатков на поверхности почвы из-за малого количества таковых после уборки гороха, льна масличного и подсолнечника, а также их перемешивания с почвой анкерными рабочими органами во время посева озимой пшеницы. Поэтому ее всходы были получены после выпавших осадков. Следует сказать, что получение всходов озимой пшеницы после выпавших осадков даже при посеве по чистым парам является обычным явлением для крайне засушливой зоны.

В 2017 году всходы были получены в последних числах октября, в 2018 году – в первой пятидневке ноября. Благодаря положительным температурам ноября растения озимой пшеницы вегетировали до глубокой осени, и даже во время зимних оттепелей, часто наблюдающихся в этой почвенно-климатической зоне, они возобновляют вегетацию. Поэтому во время весеннего возобновления вегетации на озимой пшенице, посеянной по чистому и

химическому пару, было 2–3, после гороха – 2, после льна масличного и подсолнечника – 1–2 побега кушения.

Благодаря осенним и зимним осадкам в метровом слое почвы в фазе выхода в трубку озимой пшеницы по всем предшественникам в среднем за 2 года исследований в метровом слое почвы содержалось 85–90 мм продуктивной влаги. Одинаковое содержание влаги по парам и непаровым предшественникам можно объяснить лучшим развитием растений озимой пшеницы и большим потреблением влаги по чистому и химическому пару, чем по другим предшественникам (таблица 2).

Эта закономерность прослеживается в течение всего периода вегетации культуры при отсутствии существенных различий между видами пара. Среди непаровых предшественников большую надземную массу и линейный рост имели растения при посеве после гороха, немного меньше они были после льна масличного и подсолнечника. При этом визуально различия посевов озимой пшеницы по изучаемым предшественникам были не столь заметны (рис. 3).

Растения озимой пшеницы, посеянные по льну масличному и подсолнечнику, в фазе выхода в трубку также имели хороший тургор и темно-зеленую окраску (рис. 4).

Однако наступившая после этого засуха, особенно в 2018 году, существенно снизила урожайность озимой пшеницы по всем предшественникам. По традиционному чистому пару она составила 28,0 ц/га, что значительно меньше, чем в характерные по погодным условиям годы, когда ее урожайность по такому предшественнику достигает 35–40 ц/га. По химическому пару получено 28,5 ц/га, и различия между двумя видами паров математически не доказуемы.



Рис. 3. Озимая пшеница в фазе выхода в трубку по чистому пару (слева) и гороху (справа)
Fig. 3. Winter wheat in the phase of stem-extension along bare fallow (left) and peas (right)



Рис. 4. Озимая пшеница в фазе выхода в трубку по льну масличному (слева) и подсолнечнику (справа)
Fig. 4. Winter wheat in the phase of stem-extension on the flax oilseed (left) and sunflower (right)

Экономическая эффективность звена севооборота, предшественник – озимая пшеница (в сумме за 2 года)

Таблица 3

Показатель	Предшественник				
	Пар чистый	Пар химический	Горох	Лен масличный	Подсолнечник
Денежная выручка, руб/га	22 400	22 800	31 215	27 640	32 400
Затраты труда, чел.-ч/га	12,8	6,8	5,7	4,8	4,9
Затраты, руб/га	15 164	15 364	19 726	18 480	20 069
Прибыль, руб/га	7 236	7 436	11 489	9 160	12 331
Рентабельность, %	47,7	48,4	58,2	49,6	61,4

Economic efficiency of the crop rotation link, predecessor – winter wheat (in total for 2 years)

Table 3

Indicator	Predecessor				
	Bare fallow	Chemical fallow	Peas	Oilseed flax	Sunflower
Cash revenue, rub/ha	22 400	22 800	31 215	27 640	32 400
Labor costs, pers.-h/ha	12.8	6.8	5.7	4.8	4.9
Costs, rub/ha	15 164	15 364	19 726	18 480	20 069
Profit, rub/ha	7 236	7 436	11 489	9 160	12 331
Profitability, %	47.7	48.4	58.2	49.6	61.4

По непаровым предшественникам урожайность культуры была достоверно меньше и по гороху составила 23,4, по льну масличному – 19,5, подсолнечнику – 21,5 ц/га. Однако при минимальных затратах на возделывание культуры, когда в условиях аномальной засухи не потребовалось применения химических средств защиты растений против болезней и вредителей растений, без применения минеральных удобрений полученные урожаи экономически себя окупили. Самая высокая рентабельность производства зерна озимой пшеницы получена при ее прямом посеве после гороха – 88,4 %, после льна масличного и подсолнечника она составила 60,0 и 75,8 %, и самой низкой она была после чистого и химического пара – 47,7 и 48,4 % соответственно, что обусловлено затратами на обработку почвы в чистых парах и расходами на применение гербицидов сплошного действия в химических парах.

В сумме за 2 года наиболее экономически выгодным является посев озимой пшеницы после подсолнечника, где получена самая высокая рентабельность производства продукции – 61,4 %. В звене севооборота, где предшественниками озимой пшеницы были горох и лен масличный, она составила 58,2 и 49,6 % соответственно, что обусловлено более низкой экономической эффективностью возделывания этих культур по сравнению с подсолнечником (таблица 3).

Самая низкая экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы по чистому и химическому пару, что обусловлено не столь существенным превышением урожайности озимой пшеницы над непаровыми предшественниками, – всего на 5,1–9,0 ц/га, или на 17,9–31,6 %, тогда как пары являются эффективными при превышении урожайности по сравнению с непаровыми предшественниками не менее чем в 1,8–2,0 раза.

Тем не менее при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева в крайне засушливой зоне в структуре пашни должны быть чистые химические пары, которые являются гарантом получения урожая озимой пшеницы, особенно в аномально засушливые годы. Их площадь должна определяться производственно-финансовыми возможностями хозяйства эффективно возделывать яровые культуры. Поля озимой пшеницы, предназначенные под химические пары, следует убирать мето-

дом очеса растений с оставлением всей надземной массы растений на поверхности почвы [15, с. 11], [16, с. 53]. Такой способ уборки позволит существенно больше накопить и сохранить влаги в почве к моменту посева озимой пшеницы, что положительно скажется на ее урожайности и экономической эффективности.

Особое внимание следует обратить на накопление и сохранение растительных остатков всех возделываемых культур. С этой целью также зерновые колосовые и лен масличный лучше убирать методом очеса растений, другие культуры скашивать на высоком срезе; для посева всех возделываемых культур использовать сеялки с дисковыми рабочими органами, которые способны разрезать растительные остатки и качественно заделывать семена и удобрения в почву, не нарушая растительные остатки, находящиеся на ее поверхности.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В крайне засушливой зоне Ставропольского края осенне-зимние осадки обеспечивают получение всходов и формирование экономически значимого урожая яровых культур при их возделывании без обработки почвы.

2. Поздне-осенние осадки позволяют получить всходы озимой пшеницы при ее посеве без предварительной обработки почвы, а пополнение влаги в почве зимними и ранне-весенними осадками обеспечивает получение урожая этой культуры с рентабельностью производства на уровне 50–80 %.

3. Для гарантированного получения урожая озимой пшеницы (особенно в аномально засушливые годы) в структуре пашни крайне засушливой зоны при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева необходимо иметь чистые химические пары, в которых почва не обрабатывается и борьба с сорняками ведется химическими методами.

4. Особое внимание при возделывании сельскохозяйственных культур без обработки почвы в этой зоне следует обратить на накопление и сохранение растительных остатков на поверхности почвы, для чего уборку урожая вести на высоком срезе, зерновые колосовые и лен масличный убирать методом очеса растений и для посева использовать сеялки с дисковыми рабочими органами.

Библиографический список

1. Соколов М. С., Глинушкин А. П., Спиридонов Ю. Я., Торопова Е. Ю., Филипчук О. Д. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) // Агрохимия. 2019. № 5. С. 3–20. DOI: 10.1134/S000218811905003X.
2. Arifa W., Oleh H. Production tests of a seed drill CPH 2000 for direct sowing // Inmateh-Agricultural Engineering. 2018. Т. 56. No. 3. Pp. 31–38.
3. Котобойцева А., Орлова Л. Почвозащитное ресурсосберегающее земледелие в России и в мире // Ресурсосберегающее земледелие. 2019. № 44 (04). С. 6–13.
4. Сергеев К. Прямой посев в засушливой зоне // Ресурсосберегающее земледелие. 2017. № 1 (33). С. 8–14.
5. Сергеев К. Опыт Башкирии: адаптивная система земледелия в действии // Ресурсосберегающее земледелие. 2017. № 3 (35). С. 8–11.
6. Дорожко Г. Р., Власова О. И., Шабалдас О. Г., Зеленская Т. Г. Влияние длительного применения прямого посева на основные агрофизические факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны // Земледелие. 2017. № 7. С. 7–10.
7. Есаулко А. Н., Дрепа Е. Б., Ожередова А. Ю., Голосной Е. В. Эффективность применения технологии No-till в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края // Земледелие. 2019. № 7. С. 28–31. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10707.

8. Дридигер В. К. Практические рекомендации по освоению технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в засушливой зоне Ставропольского края. Саратов: Амирит, 2016. 82 с.
9. Дридигер В. К., Невечеря А. Ф., Токарев И. Д., Вайцеховская С. С. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 3. С. 16–19.
10. Антонов С. А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 43–46.
11. Кирюшин В. И., Дридигер В. К., Власенко А. Н., Власенко Н. Г., Козлов Д. Н., Кирюшин С. В., Конищев А. А. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева. М.: Издательство МБА, 2019. 136 с.
12. Передериева В. М., Власова О. И., Дорошко Г. Р., Петрова Л. Н., Вольтерс И. А. Динамика растительных остатков в зависимости от технологии возделывания культур на черноземе обыкновенном // Агрохимический вестник. 2018. № 4. С. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10025.
13. Gusev E. M., Dzhogan L. Ya. Soil mulching as an important element in the strategy of using natural water resources in agroecosystems of the Steppe Crimea // Eurasian Soil Science. 2019. T. 52. No. 3. Pp. 313–318.
14. Dridiger V. K., Godunova E. I., Eroshenko F. V., Stukalov R. S., Gadzhiumarov R. G. Effect of No-till Technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. No. 9 (2). Pp. 766–770.
15. Кандела М. В., Шилько П. А., Панасюк А. Н., Липкань А. В., Ширяев В. М. Жатка для очеса сельскохозяйственных культур на корню // Техника и оборудование для села. 2016. № 7. С. 10–12.
16. Бурьянов М. А., Бурьянов А. И., Червяков И. В., Костыленко О. А. Результаты исследования характеристик растений озимой пшеницы сорта Дмитрий для обоснования параметров и режимов работы очесывающей жатки // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 51–56.

Об авторах:

Виктор Корнеевич Дридигер¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления, ORCID 0000-0002-0510-2220, AuthorID 314573; +7 962 400-65-77, dridiger.victor@gmail.com

Расул Гаджиумарович Гаджиумаров¹, заведующий лабораторией технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ORCID 0000-0002-4220-623X, Author ID 783790; +7 928 335-18-99, rasul_agro@mail.ru

¹ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

Cultivation of agricultural crops using direct seeding technology in the extremely arid zone of the Stavropol Territory

V. K. Dridiger[✉], R. G. Gadzhiumarov¹

¹ North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Mikhaylovsk, Russia

[✉]E-mail: dridiger.victor@gmail.com

Abstract. Of the 245.7 thousand hectares cultivated in the Stavropol Territory using direct sowing technology, 66.5 % are in the arid zone, while this technology is not used in the extremely arid zone. The purpose of the work is to establish the possibility and effectiveness of cultivating crops without tillage in the extremely arid zone of the Stavropol Territory. **Methods.** In field trials conducted under the production conditions of Oktyab'rskiy CJSC of the Levokumskiy District, the objects of research were spring crops (peas, oil flax, sunflower), which were cultivated using direct sowing technology. After their harvesting, the soil was not cultivated and winter wheat was sown. As a control in direct sowing technology, there was pure chemical steam in which no soil was cultivated and weeds were controlled by the chemical method. The second control was pure early steam, in which weeds were combated by cultivating the soil according to the technology recommended by scientific institutions in the region. **Results.** It was found that in abnormally dry conditions during the experiments, precipitation in winter and during the growing season provides an economically significant yield of spring crops with a profitability of production of peas 27.8 %, oilseed flax 37.9 and sunflower 47.8 %. The yield of winter wheat for these predecessors was 23.4, respectively; 19.5 and 21.5 c/ha; for pure and chemical steam, 28.0 and 28.5 c/ha were obtained. In total, over 2 years, the most cost-effective was sowing winter wheat after sunflower, where the highest profitability of production was achieved – 61.4 %, in the crop rotation link, where peas and oilseed flax were the predecessors of winter wheat, it amounted to 58.2 and 49.6 %. The lowest profitability of winter wheat cultivation in pure and chemical pairs is 47.7 and 48.4 %.

Keywords: technology, direct sowing, winter wheat, peas, oil flax, sunflower, pure steam, chemical steam, productivity, profitability.

For citation: Dridiger V. K., Gadzhiumarov R. G. Vozdelyvanie sel'skokhozyaystvennykh kul'tur po tekhnologii pryamogo poseva v krayne zasushlivoy zone Stavropol'skogo kraya [Cultivation of agricultural crops using direct sowing technology in the extreme arid zone of the Stavropol Territory] // Agrarian Bulletin of the Urals. No. 09 (200). Pp. 8–16. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-9-16. (In Russian.)

Paper submitted: 27.03.2020.

References

1. Sokolov M. S., Glinushkin A. P., Spiridonov Yu. Ya., Toropova E. Yu., Filipchuk O. D. Tekhnologicheskie osobennosti pochvozashchitnogo resursosberegayushchego zemledeliya (v razvitie kontseptsii FAO) [Technological features of soil conservation resource-saving agriculture (in development of the FAO concept)] // *Agrokimiya*. 2019. No. 5. Pp. 3–20. DOI: 10.1134/S000218811905003X. (In Russian.)
2. Arifa W., Oleh H. Production tests of a seed drill CPH 2000 for direct sowing // *Inmateh-Agricultural Engineering*. 2018. T. 56. No. 3. Pp. 31–38.
3. Kotoboytseva A., Orlova L. Pochvozashchitnoe resursosberegayushchee zemledelie v Rossii i v mire [Soil conservation and resource saving agriculture in Russia and in the world] // *Resursosberegayushchee zemledelie*. 2019. No. 44 (04). Pp. 6–13. (In Russian.)
4. Sergeev K. Pryamoy posev v zasushlivoy zone [Direct seeding in arid areas] // *Resursosberegayushchee zemledelie*. 2017. No. 1 (33). Pp. 8–14. (In Russian.)
5. Sergeev K. Opyt Bashkirii: adaptivnaya sistema zemledeliya v deystvii [The experience of Bashkortostan: adaptive farming system in action] // *Resursosberegayushchee zemledelie*. 2017. No. 3 (35). Pp. 8–11. (In Russian.)
6. Dorozhko G. R., Vlasova O. I., Shabalda O. G., Zelenskaya T. G. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya pryamogo poseva na osnovnye agrofizicheskie faktory plodorodiya pochvy i urozhaynost' ozimoy pshenitsy v usloviyakh zasushlivoy zony [Influence of long-term use of direct seeding on the main agrophysical factors of soil fertility and productivity of winter wheat in a dry zone] // *Zemledelie*. 2017. No. 7. Pp. 7–10. (In Russian.)
7. Esaulko A. N., Drepa E. B., Ozheredova A. Yu., Golosnoy E. V. Effektivnost' primeneniya tekhnologii No-till v razlichnykh pochvenno-klimaticheskikh zonakh Stavropol'skogo kraya [Efficiency of application of No-till technology in various soil and climate zones of the Stavropol Territory] // *Zemledelie*. 2019. No. 7. Pp. 28–31. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10707. (In Russian.)
8. Dridiger V. K. Prakticheskie rekomendatsii po osvoeniyu tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur bez obrabotki pochvy v zasushlivoy zone Stavropol'skogo kraya [Practical recommendations for the development of technology for cultivating agricultural crops without tillage in the arid zone of the Stavropol territory]. Saratov: Amirit, 2016. 82 p. (In Russian.)
9. Dridiger V. K., Nevecherya A. F., Tokarev I. D., Vaytsekhovskaya S. S. Ekonomicheskaya effektivnost' tekhnologii No-till v zasushlivoy zone Stavropol'skogo kraya [Economic efficiency of No-till technology in the arid zone of the Stavropol territory] // *Zemledelie*. 2017. No. 3. Pp. 16–19. (In Russian.)
10. Antonov S. A. Tendentsii izmeneniya klimata i ikh vliyaniye na zemledelie Stavropol'skogo kraya [Climate change trends and their impact on agriculture in the Stavropol territory] // *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2017. No. 4 (66). Pp. 43–46. (In Russian.)
11. Kiryushin V. I., Dridiger V. K., Vlasenko A. N., Vlasenko N. G., Kozlov D. N., Kiryushin S. V., Konishchev A. A. Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke minimal'nykh sistem obrabotki pochvy i pryamogo poseva [Methodological recommendations for the development of minimum systems of tillage and direct seeding]. Moscow: Izdatel'stvo MBA, 2019. 136 p. (In Russian.)
12. Perederieva V. M., Vlasova O. I., Dorozhko G. R., Petrova L. N., Vol'ters I. A. Dinamika rastitel'nykh ostatkov v zavisimosti ot tekhnologii vozdeleyvaniya kul'tur na chernozeme obyknovennom [Dynamics of plant residues depending on the technology of cultivation of crops on ordinary Chernozem] // *Agrochemical Herald*. 2018. No. 4. Pp. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10025. (In Russian.)
13. Gusev E. M., Dzhogan L. Ya. Soil mulching as an important element in the strategy of using natural water resources in agroecosystems of the Steppe Crimea // *Eurasian Soil Science*. 2019. T. 52. No. 3. Pp. 313–318.
14. Dridiger V. K., Godunova E. I., Eroshenko F. V., Stukalov R. S., Gadzhumarov R. G. Effect of No-till Technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. No. 9 (2). Pp. 766–770.
15. Kandelya M. V. Shil'ko P. A., Panasyuk A. N., Lipkan' A. V., Shiryayev V. M. Zhatka dlya ochesa sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na kornyu [Harvester for cutting crops on the root] // *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2016. No. 7. Pp. 10–12. (In Russian.)
16. Bur'yanov M. A., Bur'yanov A. I., Chervyakov I. V., Kostylenko O. A. Rezul'taty issledovaniya kharakteristik rasteniy ozimoy pshenitsy sorta Dmitriy dlya obosnovaniya parametrov i rezhimov raboty ochesyvayushchey zhatki [Results of research on the characteristics of winter wheat plants of the Dmitry variety to justify the parameters and modes of operation of the combing header] // *Grain Economy of Russia*. 2017. No. 5 (53). Pp. 51–56. (In Russian.)

Authors' information:

Viktor K. Dridiger¹, doctor of agricultural sciences, professor, head of the scientific direction, ORCID 0000-0002-0510-2220, AuthorID 314573; +7 962 400-65-77, dridiger.viktor@gmail.com

Rasul G. Gadzhumarov¹, head of the laboratory of crop cultivation technologies, ORCID 0000-0002-4220-623X, Author ID 783790; +7 928 335-18-99, rasul_agro@mail.ru

¹ North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Mikhaylovsk, Russia

Динамика структурного состава и продуктивности лофанта тибетского под влиянием различных видов минеральных удобрений

М. Ю. Карпухин¹, А. В. Абрамчук¹, С. Е. Сапарклычева¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: mkarpukhin@yandex.ru

Аннотация. Данное исследование проводилось на коллекционном участке лекарственных растений Уральского государственного аграрного университета, расположенном в Белоярском районе Свердловской области. Почва на опытном участке – чернозём оподзоленный тяжелосуглинистый. Реакция среды близка к нейтральной (рН 6,5). **Цель исследования** – определить влияние различных видов минеральных удобрений на структуру и продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского. В **задачи исследования** входило изучение влияния удобрений на высоту и среднесуточный прирост, биометрические характеристики соцветий; структуру и продуктивность лекарственного сырья; семенную продуктивность. **Методы исследования.** В опыте использовался подзимний посев семян в открытый грунт (конец сентября – начало октября). Посев широкорядный (25×35 см). В схему опыта включены 5 вариантов, которые различались по видам минеральных удобрений: I вариант – без удобрений (контроль); II – N₆₀; III – P₆₀; IV – K₆₀; V – N₆₀ P₆₀ K₆₀. **Результаты.** В вариантах, где вносили минеральные удобрения, отмечен рост всех параметров лофанта тибетского, но лучшие результаты получены в V варианте: средняя высота растений была на уровне 103 см; среднесуточный прирост варьировался от 0,43 до 2,57 см; сформировано максимальное количество соцветий – 49 шт. (в среднем на 1 растение), что положительно повлияло на структуру лекарственного сырья, в составе которого довольно высокая доля соцветий – 17,0–18,2 %; продуктивность надземной биомассы (в среднем за 2 года исследования) составила 26,2 т/га; семенная продуктивность колебалась от 53,6 (10.09.2019) до 57,3 г/м² (25.09.2019). **Научная новизна.** Впервые в условиях Среднего Урала изучено влияние минеральных удобрений на важнейшие аспекты роста и развития лофанта тибетского. Установлен лучший вариант, в котором лофант обеспечил высокую продуктивность с оптимальной структурой лекарственного сырья (V вариант – N₆₀ P₆₀ K₆₀).

Ключевые слова: лофант тибетский, минеральные удобрения, надземная биомасса, продуктивность, структурный состав.

Для цитирования: Карпухин М. Ю., Абрамчук А. В., Сапарклычева С. Е. Динамика структурного состава и продуктивности лофанта тибетского под влиянием различных видов минеральных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 17–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-17-25.

Дата поступления статьи: 20.07.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Применение растений при различных заболеваниях имеет возраст, сравнимый с историей человечества. Одна из главных причин популярности растительных лекарственных средств в том, что в них содержатся компоненты, снижающие риск нежелательных побочных действий на организм [1, с. 3]. В настоящее время в РФ культивируется около 60 видов растений, используемых в медицинской практике. Наряду с изучением уже известных лекарственных растений, не менее актуальны исследования, направленные на поиск перспективных видов для использования их в различных отраслях народного хозяйства, а также работы по введению их в культуру. Особенно востребованы растения, содержащие эфирные масла, широко используемые в медицине, косметологии, парфюмерии, ликероводочной промышленности. В последние годы как в России, так и за рубежом активно изучаются виды из семейства Яснотковых (Lamiaceae), принадлежащие к роду лофант

(*Lophanthus* Adans) [2, с. 2] и агастахе (*Agastache* Clayt. Ex Gronov.) [14, с. 16], широко распространенные в степных, полупустынных растительных группировках среднегорий, а также в высокогорьях Средиземноморья, Средней Азии, Западных Гималаев и Юго-Западного Китая [3, с. 100], [4, с. 17]. Растения относятся к группе эфирномасличных, в надземной биомассе которых отмечается повышенное содержание биологически активных веществ: эфирное масло [15, с. 391], флавоноиды [5, с. 46], полисахариды [6, с. 73], дубильные вещества, кемпферол-гликозид, витамины (аскорбиновая кислота, провитамин А), макро- и микроэлементы; органические кислоты: хлорогеновая, лимонная и яблочная [7, с. 183], [8, с. 44].

Лофант рекомендуется в качестве антидепрессивного, гипотензивного, противовоспалительного средства. Препараты, созданные из лофанта, обладают иммуномодулирующим [5, с. 45], антиоксидантным, противомикробным действием [9, с. 12], [16, с. 524]; находят применение при

различных заболеваниях: улучшают обменные процессы в организме, обладают дезинфицирующими и ранозаживляющими свойствами, ускоряют процесс регенерации эпителиальных тканей; выводят из организма токсины и тяжелые металлы; показаны при аллергических заболеваниях и тахикардии [10, с. 247].

Лофант – эффективное бактерицидное растение, по силе воздействия на вирусы, болезнетворные микробы и грибки стоит в одном ряду с сильнодействующими эфирномасличными растениями [11, с. 106]. Кроме того, лофант и агастан привлекают полезных насекомых, обладают ароматным запахом и значительно улучшают экологическую обстановку как на самом участке, так и на прилегающей к нему территории [11, с. 106]. Наибольший выход эфирного масла (0,5–0,7 %) наблюдается в фазе цветения растений.

Лофант отличается высокой декоративностью, может использоваться в садово-парковом строительстве, в оформлении цветочных композиций (бордюров, клумб, рабаток, миксбордеров, моносадов, модульных цветников и т. д.); рекомендуется для озеленения домов отдыха, городов, интерьеров офисов и квартир.

В России довольно популярен лофант анисовый, введен в культуру, возделывается в Краснодарском крае [10, с. 247], менее изучен лофант тибетский, по которому в настоящее время отсутствуют рекомендации по технологии его возделывания. Кафедра растениеводства и селекции Уральского ГАУ с 2013 г. проводит исследования по интродукции лофанта тибетского [3, с. 205], [12, с. 5]. Лофант тибетский (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang) – многолетнее, травянистое растение высотой до 1 м, диаметр куста – 0,5–0,6 м. Для лофанта характерны плотные верхушечные соцветия тирсоидного типа, в естественных популяциях их длина может достигать 20 см. Светолюбив, предпочитает почвы плодородные, хорошо дренированные, с нейтральной реакцией среды и легким механическим составом. Лофант тибетский с давних времен применяется в восточной медицине, считается сильным биостимулятором [8, с. 45].

Методология и методы исследования (Methods)

Данное исследование проводилось на коллекционном участке лекарственных растений Уральского государственного аграрного университета (Уральского ГАУ), расположенном в Белоярском районе Свердловской области. Почва на опытном участке – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый. Этот тип почв характеризуется глубоким залеганием карбонатного горизонта (карбонаты залегают на глубине 100–125 см) и признаками оподзоливания. Мощность горизонта А – 40–45 см; АВ₁ – 60–80 см. Гумусовый горизонт обогащен обменными основаниями, 70 % из которых составляет кальций. Реакция среды близка к нейтральной (рН 6,5).

Цель исследования – изучить влияние различных видов минеральных удобрений на структурный состав и продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского. **Задачи исследования** сводились к изучению биометрических характеристик (высота, среднесуточный прирост; число, длина и масса соцветий); структуры и продуктивности лекарственного сырья (зеленая биомасса и воздушно-сухое вещество); семенной продуктивности.

Лофант тибетский в связи с низкой зимостойкостью, в опыте использовался в качестве однолетника; подзимний посев семян в открытый грунт проводили в конце сентября – начале октября. Посев широкорядный, ширина междурядий – 35 см, расстояние между растениями в рядке – 25 см (12 растений на 1 м²). Семена мелкие, масса 1000 семян – 0,7–0,9 г. Норма посева – 5 кг/га. Лабораторная всхожесть семян колебалась от 65 до 67 %. После посева семена мульчировали тонким слоем низинного, хорошо минерализованного торфа. В качестве предшественника использовался черный пар. За 1,5 месяца до посева была проведена глубокая обработка почвы с последующим боронованием. Перед посевом почву прокультивировали и прикатали. В схему опыта включены 5 вариантов, которые различались по видам минеральных удобрений: I – без удобрений (контроль); II – N₆₀; III – P₆₀; IV – K₆₀; V – N₆₀P₆₀K₆₀. В качестве азотных удобрений использовалась аммиачная селитра, фосфорных – двойной суперфосфат, калийных – сернокислый калий. Площадь делянки – 3 м², повторность трехкратная. Уход за посевами 2018–2019 гг.: в фазе весеннего отрастания, когда высота растений достигала 3–5 см, вносили удобрения поверхностно, в дозе 60 кг действующего вещества/га; в первой половине вегетации – 2 междурядные обработки (культивации), а также – 2 прополки. Динамику высоты растений определяли регулярно (1 раз в неделю) в течение всего вегетационного периода, для чего в каждом варианте были выделены по 5 растений в 3 повторностях. Продуктивность надземной биомассы определяли во II декаде августа: в 2018 г. полностью срезали все растения на всей площади делянок; в 2019 г. растения срезали на 2 м², а 1 м² (в каждом варианте в трех повторностях) был оставлен для определения семенной продуктивности. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Б. А. Доспехову [13, с. 262–268].

Результаты (Results)

Для лофанта тибетского характерно очень медленное развитие в начальных фазах вегетации. Активный рост растений наблюдался со второй половины июня: к концу июня высота растений колебалась по вариантам от 14 (I вариант) до 22 см (V вариант); среднесуточный прирост варьировался от 0,14–0,86 см (I вариант) до 0,43–1,43 см (V вариант). Максимальный среднесуточный прирост во всех вариантах отмечен в конце июля – начале августа, когда растения находились в фазах бутонизация – начало цветения: 1,86 см (I вариант) – 2,57 см (V вариант), после чего линейный прирост растений значительно замедлился. На момент проведения учета продуктивности надземной биомассы (19 августа) высота растений по вариантам распределилась следующим образом: I – 81 см; II – 100; III – 97; IV – 89; V – 103 см. В течение всего вегетационного периода прослеживается тесная зависимость высоты и среднесуточного прироста от видов минеральных удобрений.

Определение структурного состава надземной биомассы проводилось одновременно с учетом продуктивности лофанта тибетского. В каждом варианте срезали по 3 типичных растения (в трех повторностях), в лаборатории выделяли основные фракции – листья, соцветия, стебли и

побеги разных порядков; взвешивали, получали массу и процент участия структурных элементов в надземной биомассе. Из данных, представленных в таблице 1, видно, что наибольший процент листьев наблюдался в контрольном варианте (48,6 % – 2018 г.; 48,1 % – 2019 г.); при внесении минеральных удобрений отмечено снижение процентного содержания листьев в надземной биомассе. Во всех вариантах, где вносили удобрения, прослеживается четкая тенденция увеличения массы соцветий в структуре надземной биомассы, но максимум отмечен в V варианте в 2019 г., при внесении полного минерального удобрения – 42,3 г в среднем на 1 растение, что на 31,6 г больше, чем в контрольном варианте. Установлен довольно высокий репродуктивный потенциал (отношение соцветий к общей надземной биомассе) в III и V вариантах, в среднем за 2 года наблюдений он варьировался от 17,62 % до 17,91 %; существенно ниже – в I варианте (6,25 %).

Кроме того, под влиянием удобрений наблюдаются существенные различия в биометрических характеристиках соцветий: изменение длины, их числа и массы (таблица 2). Для лофанта тибетского характерны плотные верхушеч-

ные соцветия (состоящие из многочисленных, сближенных мутовок), длина которых в естественных популяциях (в Западных Гималаях и Юго-Западном Китае) достигает 20 см. В эксперименте хорошо развитые соцветия, у которых длина варьировалась от 11 до 16 см, были получены в III и V вариантах, где было сформировано и максимальное число соцветий – 48–49 шт. на 1 растение. Минимальное число соцветий получено в I варианте – 28 шт. (на 21 соцветие меньше, чем в V варианте). По массе соцветий лидирует V вариант – 38,6 г/растение, что на 28,8 г больше, чем в I варианте.

Определение продуктивности надземной биомассы проводили в период массового цветения лофанта тибетского (II декада августа). Из данных, представленных в таблицах 3 и 4, видно, что изучаемые варианты довольно существенно различаются по продуктивности. Самая низкая продуктивность зеленой массы, по годам исследования, сформирована в контрольном варианте – 18,0–19,5 т/га. Внесение азотных удобрений вызвало увеличение продуктивности: в 2018 г. на 4,3 т/га (23,9 %); в 2019 г. – 6,1 т/га (31,3 %).

Таблица 1
Структурный состав надземной биомассы лофанта тибетского (в среднем на 1 растение, 2018–2019 гг.)

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Годы исследования	Надземная биомасса						Итого, г
		Листья		Соцветия		Стебли		
		г	%	г	%	г	%	
I вариант – без удобрений (контроль)	2018	72,9	48,6	8,9	5,9	68,2	45,5	150,0
	2019	78,2	48,1	10,7	6,6	73,6	45,3	162,5
II вариант – N ₆₀	2018	73,4	39,5	23,4	12,6	89,0	47,9	185,8
	2019	83,8	39,3	28,6	13,4	100,9	47,3	213,3
III вариант – P ₆₀	2018	64,8	38,7	28,3	16,9	74,4	44,4	167,5
	2019	70,3	38,0	35,0	18,9	79,7	43,1	185,0
IV вариант – K ₆₀	2018	65,0	39,4	25,9	15,7	74,1	44,9	165,0
	2019	70,3	38,9	31,3	17,3	79,2	43,8	180,8
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2018	77,6	38,0	34,8	17,0	91,9	45,0	204,3
	2019	87,9	37,8	42,3	18,2	102,3	44,0	232,5

Table 1
The structural composition of the aboveground biomass of the *Lophanthus tibeticus* (on average per 1 plant, 2018–2019)

Experience options (types of mineral fertilizers)	Years of study	Overground biomass						Total, g
		Leaves		Inflorescences		Stems		
		g	%	g	%	g	%	
I variant – without fertilizer (control)	2018	72.9	48.6	8.9	5.9	68.2	45.5	150.0
	2019	78.2	48.1	10.7	6.6	73.6	45.3	162.5
II variant – N ₆₀	2018	73.4	39.5	23.4	12.6	89.0	47.9	185.8
	2019	83.8	39.3	28.6	13.4	100.9	47.3	213.3
III variant – P ₆₀	2018	64.8	38.7	28.3	16.9	74.4	44.4	167.5
	2019	70.3	38.0	35.0	18.9	79.7	43.1	185.0
IV variant – K ₆₀	2018	65.0	39.4	25.9	15.7	74.1	44.9	165.0
	2019	70.3	38.9	31.3	17.3	79.2	43.8	180.8
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2018	77.6	38.0	34.8	17.0	91.9	45.0	204.3
	2019	87.9	37.8	42.3	18.2	102.3	44.0	232.5

Таблица 2

Биометрические особенности соцветий лофанта тибетского (в среднем на 1 растение, 2018–2019 гг.)

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Длина соцветий, см					Масса, г
	до 5	5–7	8–10	11–13	14–16	
	Число соцветий, шт.					
I вариант – без удобрений (контроль)	15 ± 2,56	10 ± 1,16	2 ± 0,58	1 ± 0,43	–	9,8
II вариант – N ₆₀	10 ± 1,64	12 ± 1,87	8 ± 1,14	5 ± 0,92	2 ± 0,09	26,0
III вариант – P ₆₀	7 ± 1,12	8 ± 1,24	13 ± 2,17	12 ± 1,85	8 ± 1,53	31,7
IV вариант – K ₆₀	11 ± 2,41	13 ± 2,35	8 ± 1,38	4 ± 1,26	1 ± 0,07	28,6
V вариант –N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6 ± 0,97	7 ± 0,89	15 ± 2,76	12 ± 2,07	9 ± 1,04	38,6

Table 2

Biometric Features of the *Lophanthus tibeticus* (on average per 1 plant, 2018–2019)

Experience options (types of mineral fertilizers)	The length of the inflorescences, cm					Weight, g
	up to 5	5–7	8–10	11–13	14–16	
	The number of inflorescences, pcs.					
I variant – without fertilizer (control)	15 ± 2.56	10 ± 1,16	2 ± 0,58	1 ± 0,43	–	9,8
II variant – N ₆₀	10 ± 1.64	12 ± 1.87	8 ± 1.14	5 ± 0.92	2 ± 0.09	26.0
III variant – P ₆₀	7 ± 1.12	8 ± 1.24	13 ± 2.17	12 ± 1.85	8 ± 1.53	31.7
IV variant – K ₆₀	11 ± 2.41	13 ± 2.35	8 ± 1.38	4 ± 1.26	1 ± 0.07	28.6
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6 ± 0.97	7 ± 0.89	15 ± 2.76	12 ± 2.07	9 ± 1.04	38.6

Таблица 3

Продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского, 2018 г.

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Выход лекарственного сырья					
	Зеленая масса			Воздушно-сухое вещество		
	Продуктивность, т/га	Отклонение от контроля (+)		Продуктивность, т/га	Отклонение от контроля (+)	
		т/га	%		т/га	%
I вариант – без удобрений (контроль)	18,0	–	–	4,65	–	–
II вариант – N ₆₀	22,3	4,3	23,9	5,73	1,08	23,2
III вариант – P ₆₀	20,1	2,1	11,7	5,46	0,81	17,4
IV вариант – K ₆₀	19,8	1,8	10,0	5,37	0,72	15,5
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,5	6,5	36,1	6,60	1,95	41,9
HCP ₀₅	0,87			0,21		

Table 3

Aboveground Biomass Productivity of *Lophanthus tibeticus*, 2018

Experience options (types of mineral fertilizers)	Yield medicinal plant					
	Green mass			Air-dry substance		
	Productivity, t/ha	Deviation from control (+)		Productivity, t/ha	Deviation from control (+)	
		t/ha	%		t/ha	%
I variant – without fertilizer (control)	18.0	–	–	4.65	–	–
II variant – N ₆₀	22.3	4.3	23.9	5.73	1.08	23.2
III variant – P ₆₀	20.1	2.1	11.7	5.46	0.81	17.4
IV variant – K ₆₀	19.8	1.8	10.0	5.37	0.72	15.5
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24.5	6.5	36.1	6.60	1.95	41.9
LSD ₀₅	0.87			0.21		

Продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского, 2019 г.

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Выход лекарственного сырья					
	Зеленая масса			Воздушно-сухое вещество		
	Продуктивность, т/га	Отклонение от контроля (+)		Продуктивность, т/га	Отклонение от контроля (+)	
		т/га	%		т/га	%
I вариант – без удобрений (контроль)	19,5	–	–	5,01	–	–
II вариант – N ₆₀	25,6	6,1	31,3	6,56	1,55	30,9
III вариант – P ₆₀	22,2	2,7	13,8	6,05	1,04	20,8
IV вариант – K ₆₀	21,7	2,2	11,3	5,86	0,85	17,0
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27,9	8,4	43,1	7,54	2,53	50,5
HCP ₀₅	0,96			0,29		

Table 4

Aboveground Biomass Productivity of *Lophanthus tibeticus*, 2019

Experience Options (types of mineral fertilizers)	Yield medicinal plant					
	Green mass			Air-dry substance		
	Productivity, t/ha	Deviation from control (+)		Productivity, t/ha	Deviation from control (+)	
		t/ha	%		t/ha	%
I variant – without fertilizer (control)	19.5	–	–	5.01	–	–
II variant – N ₆₀	25.6	6.1	31.3	6.56	1.55	30.9
III variant – P ₆₀	22.2	2.7	13.8	6.05	1.04	20.8
IV variant – K ₆₀	21.7	2.2	11.3	5.86	0.85	17.0
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27.9	8.4	43.1	7.54	2.53	50.5
LSD ₀₅	0.96			0.29		

В вариантах с фосфорными и калийными удобрениями отмечен рост продуктивности по сравнению с контрольным вариантом на 11,7 – 10,0 % (2018 г.), 13,8–11,3 % (2019 г.) соответственно. Заметно выше реакция лофанта тибетского на внесение полного минерального удобрения, где продуктивность надземной биомассы достигла в 2018 г. – 24,5 т/га, в 2019 г. – 27,9 т/га; отклонение от контроля составило 36,1–43,1 %. Что касается динамики воздушно-сухого вещества (влажность 17 %) как по годам исследования, так и по вариантам, все закономерности, выявленные при определении продуктивности зеленой массы, прослеживаются и по воздушно-сухому веществу: минимальная продуктивность получена в контроле (4,65–5,01), максимальная – при внесении полного минерального удобрения (6,60–7,54). Коэффициент усушки колебался по вариантам от 3,67 (P₆₀) до 3,90 (N₆₀).

Кроме минеральных удобрений, на продуктивность лофанта тибетского оказали влияние и метеорологические условия. Рост продуктивности надземной биомассы в 2019 г. объясняется более благоприятными метеорологическими условиями: оптимальный температурный режим для роста травянистых растений (+17...22 °C) и регулярное выпадение атмосферных осадков в период перехода растений в генеративную стадию развития (на 23 % больше по сравнению с 2018 г.).

Математическая обработка полученных результатов показала, что в III и IV вариантах продуктивность надземной биомассы (зеленая масса и воздушно-сухое вещество) практически одинаковая, различия не превышают 0,5 т/га (зеленая масса) 0,19 т/га (воздушно-сухое вещество), что существенно ниже, чем величина HCP₀₅. В остальных вариантах различия достоверные.

Главным сдерживающим фактором при введении растений в культуру является отсутствие семян, поэтому одной из задач, стоящих в опыте, было изучение влияния различных видов минеральных удобрений на семенную продуктивность лофанта. Учет семенной продуктивности проводили в 2019 г. в два срока: 10 и 25 сентября (таблица 5). Установлено, что более высокая продуктивность семян отмечена при уборке лофанта 25 сентября. Максимальная продуктивность семян получена в V варианте (57,3 г/м²), несколько ниже – в III (55,9 г/м²). Значительно меньше семенная продуктивность – в I варианте (31,4 г/м²). Кроме того, в декабре 2019 г. (в лаборатории) была определена биологическая активность семян, лучшие результаты, во всех вариантах, отмечены у семян, собранных 25 сентября: энергия прорастания (учет на 5 суток) варьировалась от 30,6 % (I вариант) до 68,3 % (V вариант); лабораторная всхожесть определяли на 20 суток после замачивания семян: в I варианте составила 62,7 %; в V варианте – 88,9 %.

Таблица 5
Семенная продуктивность лофанта тибетского, 2019 г.

Варианты опыта (виды минеральных удобрений)	Даты учета					
	10 сентября			25 сентября		
	Продуктивность, г/м ²	Отклонение от контроля (+)		Продуктивность, г/м ²	Отклонение от контроля (+)	
		г/м ²	%		г/м ²	%
I вариант – без удобрений (контроль)	24,7	–	–	31,4	–	–
II вариант – N ₆₀	25,9	1,2	4,9	34,7	3,3	10,5
III вариант – P ₆₀	52,4	27,7	112,1	55,9	24,5	78,3
IV вариант – K ₆₀	37,2	12,5	50,6	41,6	10,2	32,5
V вариант – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	53,6	28,9	117,0	57,3	25,9	82,5
HCP ₀₅	0,97			1,04		

Table 5
Seed productivity of *Lophanthus tibeticus*, 2019

Experience options (types of mineral fertilizers)	Date of registration					
	10 th September			25 th September		
	Productivity, g/m ²	Deviation from control (+)		Productivity, g/m ²	Deviation from control (+)	
		g/m ²	%		g/m ²	%
I variant – without fertilizer (control)	24,7	–	–	31,4	–	–
II variant – N ₆₀	25,9	1,2	4,9	34,7	3,3	10,5
III variant – P ₆₀	52,4	27,7	112,1	55,9	24,5	78,3
IV variant – K ₆₀	37,2	12,5	50,6	41,6	10,2	32,5
V variant – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	53,6	28,9	117,0	57,3	25,9	82,5
LSD ₀₅	0,97			1,04		

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенное исследование по изучению влияния различных видов минеральных удобрений при возделывании лофанта тибетского дает основание утверждать, что при подзимнем сроке посева в природно-климатических условиях Среднего Урала, за вегетационный период лофант тибетский успевает реализовать свой биопродукционный потенциал. Из анализа результатов, полученных в ходе эксперимента, видно, что из изученных вариантов, лучшим зарекомендовал себя пятый, при внесении одновременно трех макроудобрений (N₆₀P₆₀K₆₀), где хорошо выражен синергизм, при котором эффект совместного внесения удобрений существенно превышает действие каждого вида удобрений, вносимого в отдельности. В этом варианте высота растений в фазе цветения (103 см) и среднесуточный

прирост (2,57 см) существенно выше, чем в других вариантах; сформирована наибольшая продуктивность надземной биомассы (в 2018 г. – 24,5 т/га; 2019 г. – 27,9 т/га); получен качественный структурный состав, с доминированием в надземной биомассе листьев и соцветий (в среднем г/растение 77,6–87,0 и 34,8–42,3 соответственно). Совместное внесение трех макроудобрений (N₆₀P₆₀K₆₀) обеспечило выход максимальной семенной продуктивности (57,3 г/м²) с высокой биологической активностью семян: энергия прорастания – 68,3 %; лабораторная всхожесть – 88,9 %.

Результаты, полученные в ходе эксперимента, могут быть использованы при создании плантаций для заготовки лекарственного сырья лофанта тибетского в промышленных масштабах.

Библиографический список

1. Все о лекарственных растениях. СПб.: СЗКЭО, 2016. 192 с.
2. Абрамчук А. В. Особенности возделывания лофанта тибетского в условиях Среднего Урала // Селекция и семеноводство в растениеводстве: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК». Екатеринбург, 2018. С. 1–5.
3. Карпунин М. Ю., Абрамчук А. В., Мингалев С. К. Элементы интродукции лофанта тибетского (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang) // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применение эфиромасличных и лекарственных растений: материалы Международной научно-практической конференции. Симферополь, 2019. С. 100–106.

4. Кустова О. К., Приходько С. А., Глухов А. З., Кустов Д. Ю. Интродукция видов рода *Agastache* Clayt. Ex Gronov. в Донецком ботаническом саду и перспективы их использования // Промышленная ботаника. 2019. Вып. 19. № 1. С. 17–22.
5. Хлебцова Е. Б., Сорокина А. А. Иммуномоделирующее действие флавоноидов лопанта анисового // Фармация. 2014. № 4. С. 45–48.
6. Слепцов И. В. Журавская А. Н. Полисахариды в вегетативной массе *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* и *Thlaspi arvense* в условиях Центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2018. № 4. С. 73–79.
7. Альтамирова А. А., Джабраилова Х. У., Карсамова М. А., Юсупова С. С. Лопант анисовый и его химический состав // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2018. С. 183–186.
8. Зориков П. С., Колдаев В. М., Маняхин А. Ю. Сравнительные оптические характеристики извлечений из лопантов тибетского и анисового // Тихоокеанский медицинский журнал. 2015. № 2. С. 44–46.
9. Еремеева Е. А. Лопант анисовый (*Agastache foeniculum* (Pursh.) o. Kuntze) как источник биологически активных веществ // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы международной научно-практической конференции. Кинель, 2016. С. 11–13.
10. Ильина Т. А. Лекарственные растения: большая иллюстрированная энциклопедия. М., 2017. 304 с.
11. Чулкова В. В., Чапалда Т. Л., Пояркова Н. М. Растения-репелленты // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Секция 3. Екатеринбург, 2020. С. 105–107.
12. Абрамчук А. В., Мингалев С. К., Карпукхин М. Ю. Эффективность предпосевной обработки семян лопанта тибетского регуляторами роста // Аграрный вестник Урала. 2018. № 6 (173). С. 5–10.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. М.: Альянс. 2014. 415 с.
14. Carrillo-Galván G., Bye R., Eguiarte L. E. [et al.] Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: *Agastache* (Lamiaceae) Lamiaceae – an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis // Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 2020. Vol. 16. Article number 22. DOI: 10.1186/s13002-020-00368-2. URL: <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13002-020-00368-2> (appeal date: 03.07.2020).
15. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae) // Phytochemistry Reviews. 2014. No. 13 (2). Pp. 391–416.
16. Haiyan G., Chen Z., Lijuan H., Shaoyu L., Ashraf M.A. Antimicrobial, antibiofilm and antitumor activities of essential oil of *Agastache rugosa* from Xinjiang, China // Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. T. 23. No. 4. Pp. 524–530.

Об авторах:

Михаил Юрьевич Карпукхин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, ORCID 0000-0002-8009-9121, AuthorID 339196; mkarpukhin@yandex.ru

Анна Васильевна Абрамчук¹, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0002-7908-4416, AuthorID 94812; +7 953 005-68-44

Светлана Евгеньевна Сапарклычева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0003-0463-7749, AuthorID 651975; +7 922 295-23-58, s.e.saparklycheva@mail.ru

Dynamics of the structural composition and productivity of the *Lophanthus tibeticus* under the influence of various types of mineral fertilizers

M. Yu. Karpukhin¹, A. V. Abramchuk¹, S. E. Saparklycheva¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: mkarpukhin@yandex.ru

Abstract. A study was conducted at a collection site of medicinal plants of the Ural State Agrarian University, located in Beloyarskiy district, Sverdlovsk region. The soil of the experimental site – black soil podzol heavy loamy. The reaction of the medium is close to neutral (pH 6.5). **The purpose of the research:** to study the effect of various types of mineral fertilizers on the structure and productivity of the aboveground biomass of the *Lophanthus tibeticus*. **The research objectives** were to study the effects of fertilizers on height and daily average growth, biometric characteristics of inflorescences, structure and productivity of medicinal raw materials; seed productivity. **Method of research.** In the experiment, we used early winter sowing of seeds in open ground (late September – early October). Sowing wide-row (25×35 cm). The scheme of the experiment included 5 options: I – without fertilizer (control); II – N₆₀; III – P₆₀; IV – K₆₀; V – N₆₀P₆₀K₆₀. **Results.** In all variants with the use of fertilizers,

In all variants with the use of fertilizers, the plants had an increase in biometric parameters, but the best results were obtained in the V variant: the height of the plants was at the level of 103 cm; the average daily growth of plants was from 0.43 to 2.57 cm; the number of inflorescences – 49 pcs. (on average, per plant), which had a positive effect on the composition of medicinal raw materials (the share of inflorescences was 17.1 %); the productivity of aboveground biomass (on average over 2 years of research) was 26.2 t/ha; seed productivity ranged from 53.6 (10.09) to 57.3 g/m² (25.09). **Scientific novelty.** For the first time, in the conditions of the Middle Urals studied the effect of mineral fertilizers on the most important aspects of the growth and development of the *Lophanthus tibeticus*. The best option was established in which the lofant had high productivity with an optimal structure of medicinal raw materials (V option – N₆₀P₆₀K₆₀).

Keywords: *Lophanthus tibeticus*, mineral fertilizers, above-ground biomass, productivity, structural composition.

For citation: Karpukhin M. Yu., Abramchuk A. V., Saparklycheva S. E. Dinamika strukturnogo sostava i produktivnosti *Lophanthus tibeticus* pod vliyaniem razlichnykh vidov mineral'nykh udobrenij [Dynamics of the structural composition and productivity of the *Lophanthus tibeticus* under the influence of various of mineral fertilizers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 17–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-17-25. (In Russian.)

Paper submitted: 20.07.2020.

References

1. Vse o lekarstvennykh rasteniyakh [All about medicinal plants]. Saint Petersburg: SZKEO. 2016. 192 p. (In Russian.)
2. Abramchuk A. V. Osobennosti vozdeystviya Lofanta tibetskogo v usloviyakh Srednego Urala [Peculiarities of Tibetan lofant empowerment in the conditions of the Middle Urals] // Seleksiya i semenovodstvo v rastenievodstve: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchno-tehnologicheskomu razvitiyu APK". Ekaterinburg, 2018. Pp. 1–5. (In Russian.)
3. Karpukhin M. Yu., Abramchuk A. V., Mingalev S. K. Elementy introduktsii lofanta tibetskogo (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang) [Introduction elements Lofant tibetsky (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang)] // Nauchnyy i innovatsionnyy potentsial razvitiya proizvodstva, pererabotki i primeneniye efirnykh i lekarstvennykh rasteniy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Simferopol', 2019. Pp. 100–106. (In Russian.)
4. Kustova O. K., Prihod'ko S. A., Glukhov A. Z., Kustov D. Yu. Introduktsiya vidov roda Agastache Clayt. Ex Gronov. v Donetskoy botanicheskoy sadu i perspektivy ikh ispol'zovaniya [Introduction of some species from the genus Agastache Clayt. Ex Gronov. In Donetsk botanical garden and their application potential] // Promyshlennaya botanika. Donetsk, 2019. Iss. 19. No. 1. Pp. 17–22. (In Russian.)
5. Khlebtsova E. B., Sorokina A. A. Immunomoduliruyushchee deystvie flavonoidov lofanta anisovogo [*Lophanthus anisatus*] flavonoids: Immunomodulatory effect] // Pharmacy. 2014. No. 4. Pp. 45–48. (In Russian.)
6. Sleptsov I. V., Zhuravskaya A. N. Polisakharidy v vegetativnoy masse *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* i *Thlaspi arvense* v usloviyakh Tsentral'noy Yakutii [Polysaccharides in tissues *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* and *Thlaspi arvense* in the conditions of central Yakutia] // Chemistry of plant raw material. 2018. No. 4. Pp. 73–79. (In Russian.)
7. Al'tamirova A. A., Dzhabrailova Kh. U., Karsamova M. A., Yusupova S. S. Lofant anisovyy i yego khimicheskiy sostav [Lofant anise and its chemical composition] // Molodye uchenye v reshenii aktual'nykh problem nauki: materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vladikavkaz, 2018. Pp. 183–186. (In Russian.)
8. Zorikov P. S., Koldaev V. M., Manyakhin A. Yu. Sravnitel'nye opticheskie kharakteristiki izvlecheniy iz lofantov tibetskogo i anisovogo [Comparative optical characteristics of extracts from giant hyssop Tibetan and anise] // Pacific Medical Journal. 2015. No. 2. Pp. 44–46. (In Russian.)
9. Ereemeeva E. A. Lofant anisovyy (*Agastache foeniculum* (Pursh.) O. Kuntze) kak istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv [*Lophanthus anisatus* (*Agastache foeniculum* (Pursh.) O. Kuntze) as a source of biologically active substances] // Vklad molodykh uchenykh v agrarnuyu nauku: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kinel, 2016. Pp. 11–13. (In Russian.)
10. Ilyina T. A. Lekarstvennye rasteniya: bol'shaya illyustrirovannaya entsiklopediya [Medicinal plants: A large illustrated encyclopedia]. Moscow, 2017. 304 p. (In Russian.)
11. Chulkova V. V., Chapalda T. L., Poyarkova N. M. Rasteniya-repellenty [Repellent plants] // Ot inertsii k razvitiyu: nauchno-innovatsionnoye obespecheniye APK: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Section 3. Pp. 105–107. (In Russian.)
12. Abramchuk A. V., Mingalev S. K., Karpukhin M. Yu. Effektivnost' predposevnoy obrabotki semyan Lofanta tibetskogo regul'yatorami rosta [Efficiency of precise treatment of Lofant seeds tibetan by regulators of growth] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 6 (173). Pp. 5–10. (In Russian.)
13. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results): a textbook for higher agricultural educational institutions]. Stereotype. ed., reprint. from the 5th ed., ext. and reslave. Moscow: Alyans, 2014. 415 p. (In Russian.)

14. Carrillo-Galván G., Bye R., Eguiarte L. E. [et al.] Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: Agastache (Lamiaceae) – an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis [e-resource] // Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 2020. Vol. 16. Article number 22. DOI: 10.1186/s13002-020-00368-2. URL: <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13002-020-00368-2> (appeal date: 03.07.2020).
15. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus Agastache (Lamiaceae) // Phytochemistry Reviews. 2014. No. 13 (2). Pp. 391–416.
16. Haiyan G., Chen Z., Lijuan H., Shaoyu L., Ashraf M.A. Antimicrobial, antibiofilm and antitumor activities of essential oil of Agastache rugosa from Xinjiang, China // Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. T. 23. No. 4. Pp. 524–530.

Authors' information:

Mikhail Yu. Karpukhin¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, vice-rector for research and innovation, ORCID 0000-0002-8009-9121, AuthorID 339196; mkarpukhin@yandex.ru

Anna V. Abramchuk¹, candidate of biological sciences, associate professor, associate professor of the department of plant production and selection, ORCID 0000-0002-7908-4416, AuthorID 94812; +7 953 005-68-44

Svetlana E. Saparklycheva¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of plant production and selection, ORCID 0000-0003-0463-7749, AuthorID 651975; +7 922 295-23-58, s.e.saparklycheva@mail.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Эффективный метод борьбы с дикорастущей коноплей (*Cannabis L.*) путем ее подавления севом донника (*Melilotus Mill.*)

А. Д. Решетников¹, А. И. Барашкова¹

¹ Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова, Якутск, Россия

[✉]E-mail: adreshetnikov@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования. Каннабис занимает наибольший незаконный оборот в мире и затрагивает практически все страны. Используемые общеизвестные методы борьбы с дикорастущей коноплей, такие как применение гербицидов, негативно влияют на экологию, малоэффективны, разработаны без учета особенностей экологии конопли. Выжигание травы запрещено в России, двукратная вспашка заброшенных сельскохозяйственных угодий экономически затратно. **Цель исследования** – разработать эффективный метод борьбы с дикорастущей коноплей (*Cannabis L.*) в заброшенных, труднодоступных, засоленных, засушливых сельскохозяйственных угодьях без гербицидов путем ее подавления и замещения сельскохозяйственной культурой, а в последующие годы – разнотравьем. **Материалы и методы исследования.** В соответствии с заданием и регламентом был выполнен патентный поиск по научнотехнической литературе России и зарубежных стран по способам уничтожения дикой конопли. Экспериментальные исследования по поставленной цели были выполнены в 2016–2019 годах в селе Модут Намского района Республики Саха (Якутия), при этом был использован сорт донника белого Немюгунской селекции Якутского НИИСХ (1986 г.). **Результаты.** Разработан эффективный метод борьбы с дикорастущей коноплей, характеризующийся тем, что уничтожение дикорастущей конопли производится путем высевания донника, при этом в первый год производится дискование почвы с последующим посевом донника путем разбрасывания вручную, во второй год выполняется 5-кратный укос за лето, начиная с 25 мая, в третий год конопля замещается донником и разнотравьем. **Научная новизна.** Впервые разработан эффективный метод борьбы с дикорастущей коноплей путем сева донника на заброшенных сельскохозяйственных угодьях без гербицидов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, растениеводство, дикорастущая конопля, *Cannabis L.*, метод борьбы, уничтожение, подавление конопли, посев, донник, *Melilotus Mill.*

Для цитирования: Решетников А. Д., Барашкова А. И. Эффективный метод борьбы с дикорастущей коноплей (*Cannabis L.*) путем ее подавления севом донника (*Melilotus Mill.*) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 26–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-26-31.

Дата поступления статьи: 22.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

По данным ООН, каннабис занимает наибольший незаконный оборот в мире и затрагивает практически все страны. В течение 2017 года его употребляли 188 млн человек. Однако в ряде стран марихуана легализована для гуманитарной, ветеринарной медицины и в научных исследованиях. В Австрии, Бельгии, Боливии, Белизе, Бразилии, Колумбии, Чехии и в других странах марихуана разрешена для личного использования в ограниченных количествах. Легализация производства, продажи и немедицинского использования каннабиса среди людей в возрасте 18 лет и старше в Канаде вступило в силу 17 октября 2018 г. Провинции и территории этой страны имеют право устанавливать более высокий возрастной порог для немедицинского употребления марихуаны и лимиты владения ею (легально – 30 г). В большинстве случаев режим лицензирования розничной торговли аналогичен продаже спиртных напитков. Кроме этого, с учетом воз-

растных ограничений федеральный лицензированный продавец может расширить использование каннабиса в медицинских целях. Правительство Уругвая в 2013 г. утвердило закон № 19.172, регулирующий выращивание, производство, распределение и использование каннабиса для немедицинских целей. В соответствии с законодательством каннабис может быть получен физическими лицами в возрасте 18 лет или старше для немедицинских целей через регистрацию в Национальном институте регулирования и контроля каннабиса и по выбору из авторизованной аптеки, через членства в клубе или путем выращивания ограниченного количества растений дома. При этом количество разрешенного количества каннабиса на человека не может превышать 480 г в год. Первоначально законом было установлено содержание тетрагидроканнабинола (ТГК) на уровне 2 %. В целом реализация и регулирование были медленными и постепенными; например, к февралю 2018 года здесь было 16 аптек. В Уругвае примерно

45 000 человек имеют доступ к регулируемому каннабису. В 2017 г. было проведено обследование употребления наркотиков. Годовая распространенность употребления каннабиса среди населения составила 9,3 %, из которых мужчины составляли 12,5 %, а женщины – 6,4 %. В условиях легализации интенсивность потребления наркотиков постоянно растет [1].

Проведенный в Австралии ретроспективный анализ причин смертей, связанных с марихуаной за 2000–2018 гг. показал следующее: из 559 случаев более 81 % были мужчинами. В результате случайных травм погибло 29,9 %, самоубийств – 25,0 %, токсичности полисубстанции «каннабис + алкоголь» – 17,0 %, естественных заболеваний и токсичности лекарственных средств – 7,9 %, нападений – 3,0 %, по неустановленным причинам – 1,1 %. Сердечно-сосудистые (14,3 %) и респираторные заболевания (9,7 %) были наиболее распространенными типами заболеваний в качестве причин смерти. Основной причиной случайных травм были автомобильные аварии. Медианная концентрация тетрагидроканнабинола в крови составляла 0,008 мг/л в диапазоне 0,0005–19,00 мг/л. В качестве причины смерти наряду с каннабисом были указаны другие наркотики (81,4 %). Наиболее распространенным был алкоголь (47,2 %). Случаев смерти из-за прямой токсичности каннабиса не было [2].

В США употребление каннабиса имеет серьезные негативные последствия для молодежи. Известно, что наиболее частой причиной широкого употребления каннабиса среди взрослых является депрессия. В литературе не была известна связь депрессии с частотой употребления марихуаны среди молодежи. Исследователями была поставлена цель – изучить тенденции употребления каннабиса среди молодежи при депрессивном состоянии. В аналитическую выборку были включены респонденты в возрасте 12–17 лет, общее количество составляло 204 102 человек. Установлено, что в период с 2004 по 2016 г. у молодых людей с депрессией вероятность употребления каннабиса оказалось в два раза выше (12,86 % против 6,40 %) по сравнению с теми, у кого депрессия отсутствует [3].

В последнее время в розничной продаже США распространены пищевые продукты, содержащие каннабис, что представляет собой новый растущий сегмент розничного рынка каннабиса. Целью исследователей было изучение фармакодинамических эффектов перорального потребления каннабиса с продуктами. Было оценено действие 0, 10, 25 и 50 мг ТГК на испытуемых. При этом по каждой дозе оценивались субъективные, когнитивные и психомоторные эффекты до и в течение 8 часов после приема. Установлено, что по сравнению с плацебо доза ТГК в 10 мг вызывала различные субъективные эффекты лекарств и повышала частоту сердечных сокращений, но не изменяла когнитивные и психомоторные показатели. Дозы ТГК в 25 и 50 мг вызывали выраженные субъективные эффекты и заметно ухудшали когнитивные и психомоторные функции по сравнению с плацебо. Для всех активных доз фармакодинамические эффекты проявлялись только через 30–60 минут после приема, а пиковые эффекты наступали через 1,5–3 часа после введения. Действия на здоровье взрослых перорального употребления каннабиса

и ингаляторных форм имеют существенное различие их действия на человека. При употреблении через рот ухудшение когнитивной способности возникает через некоторое время, а при ингаляторной форме приема каннабиса эффект проявляется практически сразу после приема [4].

Для федеральной полиции Бразилии удаленная идентификация незаконных плантаций *Cannabis sativa* Linnaeus является важной задачей. Текущая аналитическая методология дорогая и сильно зависит от опыта судебного следователя. Более быстрая и более дешевая методология, основанная на автоматических методах, оказывает неоценимую помощь в надежном и объективном обнаружении и идентификации *Cannabis sativa* L. При этом идентификация конопли выполняется с использованием гиперспектральных изображений в ближней инфракрасной области по длине волн *Cannabis sativa* L. Данные растения вместе с другими обычно встречаются в окрестностях незаконных плантаций и в почве, где они и были непосредственно собраны. По длине волн *Cannabis sativa* L. были выбраны наиболее важные длины волн для идентификации конопли. Была построена модель аналогового независимого класса с учетом выбранных спектральных переменных. Значения чувствительности и специфичности метода составили от 89,45 % до 97,60 %. Результаты подтвердили надежность методологии, основанной на гиперспектральных камерах NIR, для обнаружения и идентификации *Cannabis sativa* L. только с четырьмя спектральными полосами, демонстрирующими потенциал этой методологии в эффективной идентификации каннабиса в окружении других растений и почвы для применения в недорогих бортовых устройствах летательных самолетов и вертолетов [5].

Уничтожение растений, содержащих наркотические средства или психотропные вещества либо их прекурсоры, а также остатки их посевов регламентируется Постановлением Правительства РФ от 20 июля 2019 г. № 944 [6]. Владельцам земельных участков разрешается утилизировать данные растения всеми известными приемами и информировать соответствующие органы.

По регламенту указанного Постановления работают сотрудники МВД Республики Тыва. В 2015 г. составлены 8 предписаний об уничтожении дикой конопли владельцам земель, по истечении трех дней выполнены проверки выполнения предписаний. Уничтожение дикорастущих растений, таких как мак и конопля, обеспечивает устранение главной причины наркотизации населения Республики Тыва. Проводимая Министерством оперативная операция «Мак» показала свою эффективность [7].

В Республике Северная Осетия-Алания для выявления мест распространения дикой конопли активную помощь оказывает местное население. В 2016 г. при помощи ответственных сельчан и руководства муниципалитетов в Моздоке выявлено 19 пунктов, где росла дикая конопля. Для искоренения конопли широко применяют гербициды, поджигают после скашивания. Собственники земельных участков и сотрудники полиции признаются, что полностью уничтожить коноплю сложно и почти невозможно [8, 9].

Администрация города Шахты Ростовской области в 2019 г. с мая по октябрь планировала ликвидацию очагов

произрастания дикой конопли. При этом непринятие мер после получения предписания влечет штраф на граждан до 2000 руб., для должностных лиц – до 4000 руб, юридических лиц – до 300 000 руб.; за незаконное культивирование штраф на граждан до 4000 руб. или административный арест на 15 суток, для юридических лиц – до 300 000 руб. [10]

В Тюменской области в 2019 г. органы МВД скашивали и вывозили дикорастущий сорняк в рамках операции «Мак», очистили 11 га территории с очагами произрастания конопли. Сотрудники полиции вели разъяснительную работу об административной и уголовной ответственности за сбор и хранение мака и конопли [11].

Анализ отечественной и иностранной литературы показал, что употребление каннабиса превратилось в мировую проблему. В российском законодательстве уровень содержания ТГК в технических культурах конопли не должен превышать 1,1–1,3 %, а в конопле сорной (*Cannabis ruderalis*) содержится от 1,5 до 2 %. При употреблении марихуаны медианная концентрация ТГК в крови человека может быть в диапазоне 0,0005–19,00 мг/л, из них 30 % погибают от травм при автомобильных авариях, 25 % – от самоубийств, 24 % – от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний. В последнее время наблюдается резкое увеличение количества отравлений от полисубстанций, таких как «каннабис + алкоголь» и др. При употреблении через рот с пищевыми продуктами дозы ТГК в 25 и 50 мг вызывают выраженные субъективные эффекты и заметно ухудшают когнитивные и психомоторные функции через 30–60 минут после приема, а пиковые эффекты наступают через 1,5–3 часа после введения. При ингаляторной форме приема каннабиса эффект проявляется сразу после приема.

Известно, что в коноплю Якутии в XIX веке завезли китайцы и корейцы. Они выращивали эту культуру на полях, получали конопляное масло, волокно и на другие нужды. В XX веке китайцы и корейцы постепенно ассимилировались с местным населением, а поля конопли были заброшены. Очаги конопли МВД по РС (Я) выявлены на территориях Амгинского, Хангаласского, Олекминского, Намского, Усть-Алданского, Таттинского и Мегино-Кангаласского районов [12].

Однако все принимаемые усилия юридических лиц, государственных учреждений, муниципальных образований и частных лиц по уничтожению конопли остаются малоэффективными. Используемые методы борьбы малоэффективны, разработаны без учета особенностей экологии конопли. Исходя из изложенного, разработка эффективного метода борьбы с дикорастущей коноплей (*Cannabis L.*) является актуальной задачей прикладной науки.

Цель исследований – разработать эффективный метод борьбы с дикорастущей коноплей (*Cannabis L.*) в труднодоступных заброшенных сельскохозяйственных угодьях без гербицидов путем ее подавления и замещения сельскохозяйственной культурой, а в последующие годы – разнотравьем.

Методология и методы исследования (Methods)

В соответствии с заданием и регламентом был выполнен патентный поиск по научно-технической литературе

России и зарубежных стран по способам уничтожения дикой конопли. Экспериментальные исследования по поставленной цели были выполнены в 2016–2019 годах в селе Модут Намского района Республики Саха (Якутия), при этом был использован сорт донника белого Немюгюн-ской селекции Якутского НИИСХ (1986 г.).

Результаты (Results)

В результате патентного поиска были обнаружены три прототипа по уничтожению дикорастущей конопли: известен патент на изобретение Якутского НИИСХ № 2488990 по борьбе с коноплей путем подсева овса, что ограничивает применение данного изобретения только на условиях плодородных полей с достаточным количеством влаги.

Известен патент РФ № 2463772, где замещающей культурой выступает борщевик Сосновского, который полностью разрушает естественные экосистемы, ядовит и внесен в классификатор сорных растений.

Общеизвестные методы борьбы с коноплей, такие как применение гербицидов, негативно влияют на экологию, выжигание травы запрещено в России, двукратная вспашка заброшенных засушливых, засоленных, щелочных сельскохозяйственных угодий весной до цветения растений и осенью экономически затратно.

Для поиска решения поставленной цели нами был выполнен краткий анализ климатических условий зоны исследования, которая располагается в пределах Центральной Якутии, занимая Лено-Алданское междуречье, Приленское плато и бассейн реки Вилюй. Климат резко континентальный, многолетние средние январские температуры до минус 66 °С, лето короткое, но сравнительно жаркое до 36–38 °С. Годовая амплитуда температуры составляет 98–102 °С, сумма эффективной температуры 1400–1600 °С, продолжительное солнечное сияние также является существенным положительным фактором для развития растений. Следующей особенностью климата является засушливость, в Центральной Якутии через каждые 2–3 года за лето выпадает очень малое количество осадков. Из-за описанных факторов степи и солончаки занимают до 40 % площади долины реки Лены [13].

Во влагообеспеченности большую роль играют подземные льды и воды, скованные вечной мерзлотой, толщина последней достигает 600–800 и более метров. В последнее время отмечается ускорение процесса деградации вечной мерзлоты. Наблюдаемые изменения климата в Центральной Якутии уже сейчас оказывают заметное негативное влияние на реликтовую степь Ленского плато [14].

Учитывая суровый климат Центральной Якутии, начиная с 1939 г. в Якутской государственной селекционной станции (ЯГСС) были собраны семена местных дикорастущих кормовых трав, таких как люцерна серповидная, донник, пырейники и другие. В 1956–1957 гг. на базе трех станций был образован Якутский НИИСХ, где в результате кропотливого труда определились ценные виды кормовых трав, создавался исходный селекционный материал, в результате которого был районирован донник белый Немюгюн-ский (1986 г.) и люцерна серповидная Якутская желтая. Данные сорта выдерживают низкие температуры до –55...–60 °С, служат эталоном зимостойкости среди селекционных сортов, донник белый Немюгюн-ский засухо-

устойчив, может расти на засоленных почвах. Составлены технологическая карта, зональная система возделывания на семена и корм в условиях Центральной Якутии [15].

Донник белый Немюгюнский (авторы А. И. Алферов, А. С. Яковлев): вегетационный период – 95–105 дней; урожайность зеленой массы – 180–200 ц/га, семян – 5–7 ц/га, содержание сырого протеина – 17–20 %, поедаемость – 70 %. Районирован в 1986 г. Зимостойкий. Использование сорта позволяет получать высокобелковые корма, способствует повышению плодородия почвы. Рекомендуются как высокобелковый компонент при силосовании и сенажировании. Оригинатор – Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова [16].

Цель исследований решается тем, что дикорастущая конопля уничтожается путем подавления севом донника белого, двухлетней кормовой засухоустойчивой, солевыносливой сельскохозяйственной культурой на почвах заброшенных сельхозугодий без применения пестицидов, предпосевной обработки почвы как вспашка и боронование.

Для этого в условиях Якутии в конце мая производится дискование, выравнивание почвы с последующим посевом путем разбрасывания вручную из расчета 10–15 кг на га с 30 мая по 1 июня. При этом экономическая эффективность достигается тем, что при севе донника для замещения конопли на труднодоступных заброшенных сельскохозяйственных угодьях полный комплекс работ по обработке почвы как пахота, лущение, боронование, прикатывание и другие приемы обработки почвы не выполняются.

Семена находят между комьями влажные промежутки, защищенные от солнца, и начинают произрастать. В первый год вегетации донник поедается пасущимся скотом, но активно формирует мощную корневую систему на всю глубину деятельного слоя. С выпадением первого снега продолжает расти и под снегом. Тебнующие зимой табунные лошади, чувствуя запах донника, разрывают снег, попутно ломая стебли конопли, вымораживая ее семена. Во второй год весной с оттаиванием снега при +5 °С донник начинает расти, опережая другие виды растений с помощью развитых корней. Надземная часть растения привлекает домашних и диких животных. Засухоустойчивость донника обусловлена тем, что он всасывает талую воду свободную от соли. С наступлением жары почва оттаивает глубже и глубже, обеспечивая растение водой и питательными веществами. За сутки донник вырастает до 3–5 см, но пастба скота и высокие стебли конопли сильно



Рис. Донник белый, сорт Немюгюнский
Fig. Sweetclover white, grade Nemyugunskiy

угнетают донник и не дают ему расти, и донник сильно отстает в росте от конопли. Первый укос конопли выполняется 25 мая, последняя в это время достигает высоты 30–50 см. После подвяливания стебли конопли утрачивают запах тетрагидроканнабинола. Животные, привлеченные запахом растущего донника, поедают его вместе с безвредными после подвяливания стеблями конопли. За лето укос конопли производится до 5 раз, и столько раз вяленая конопля поедается животными вместе с донником. В третий и последующие годы конопля замещается донником и разнотравьем.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Разработан экологичный, эффективный, экономически малозатратный метод борьбы с дикорастущей коноплей в труднодоступных засушливых, засоленных, заброшенных сельскохозяйственных угодьях без гербицидов, без выжигания травы путем ее подавления и замещения сельскохозяйственной культурой. Метод характеризуется тем, что уничтожение дикорастущей конопли производится путем высевания, районированного в 1986 г. донника белого Немюгюнский, специально выведенного Якутским НИИСХ для климатических условий Якутии. При этом в первый год производится дискование почвы с последующим посевом донника путем разбрасывания вручную, во второй год выполняется 5-кратный укос за лето, начиная с 25 мая, в третий год конопля замещается донником и разнотравьем. По результатам исследований получен патент РФ 2717976.

Библиографический список

1. UNODC World Drug Report 2019 [e-resource]. URL: <https://wdr.unodc.org/wdr2019/index.html> (appeal date: 20.05.2020).
2. Zahra E., Darke Sh., Degenhardt L., Campbell G. Rates, characteristics and manner of cannabis-related deaths in Australia 2000–2018 // Drug and Alcohol Dependence. 2020. P. 108028. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2020.108028.
3. Weinberger A. H., Zhu J., Lee J., Anastasiou E., Copeland J., Goodwin R. D. Cannabis use among youth in the United States, 2004–2016: Faster rate of increase among youth with depression // Drug and Alcohol Dependence. 2020. Vol. 209. P. 107894. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2020.107894.
4. Schlienz N. J., Spindle T. R., Cone E. J., Herrmann E. S., Bigelow G. E., Mitchell J. M., Flegel R., Lo Dico Ch., Vandrey R. Pharmacodynamic dose effects of oral cannabis ingestion in healthy adults who infrequently use cannabis // Drug and Alcohol Dependence. 2020. Vol. 211. P. 107964. DOI: [oi.org/10.1016/j.drugalcdep.2020.107969](https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2020.107969).
5. Pereira J. F., Pimentel M. F., Amigo J. M., Honorato R. S. Detection and identification of Cannabis sativa L. using near infrared hyperspectral imaging and machine learning methods. A feasibility study // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2020. Vol. 237. Pp. 118385. DOI: 10.1016/j.saa.2020.118385.

6. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации Постановление Правительства Российской Федерации от 20 августа 2019 г. № 944 [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201907250014?index=11&rangeSize=1> (дата обращения: 18.05.2020).
7. Борьба с дикорастущей коноплей идет полным ходом [Электронный ресурс] // Пресс-служба МВД по Республике Тыва. 23.05.2015. URL: <https://17.xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/3492629> (дата обращения: 18.05.2020).
8. Саломатова А. Выявить и уничтожить [Электронный ресурс] // МВД по Республике Северная Осетия-Алания. 15.08.2016. URL: <https://15.xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/8319644> (дата обращения: 18.05.2020).
9. Саломатова А. Через сотрудничество к новым формам взаимодействия с населением [Электронный ресурс] // МВД по Республике Северная Осетия-Алания. 12.05.2016. URL: https://15.xn--b1aew.xn--p1ai/Novosti_obshhestvennogo_soveta_MVD_po_RS/item/8058861/ (дата обращения: 18.05.2020).
10. Борьба с наркосодержащими растениями [Электронный ресурс] // Администрация города Шахты. 04.04.2019. URL: <http://shakhty-gorod.ru/about/info/messages/31716/> (дата обращения: 18.05.2020).
11. В Тюменском районе уничтожено 11 гектаров конопли [Электронный ресурс] // Полиция Тюменской области. 22.08.2019 г. URL: <https://rayon72.ru/news/incidents/183641.html> (дата обращения: 18.05.2020).
12. В Якутии накосили и сожгли около восьми тонн конопли [Электронный ресурс] // Sakha News. 20.07.2019. URL: <https://www.1sn.ru/231381.html> (дата обращения: 19.06.2020).
13. Гаврилова М. К. Климат Центральной Якутии. Якутск: Якутское книжное издательство, 1973. 122 с.
14. Лоскин М. И. Повышение водообеспеченности сельскохозяйственных объектов на основе превентивных мероприятий, обеспечивающих устойчивость низконапорных грунтовых плотин Центральной Якутии: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2019. 24 с.
15. Емельянова А. Г., Сивцева В. И., Винокурова А. Е. Основные итоги селекции многолетних трав в Якутском научно-исследовательском институте сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2006. № 5. С. 13–14.
16. Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М. Г. Сафронова – 60 лет на службе научного обеспечения сельского хозяйства Якутии. Якутск, 2016. 88 с.

Об авторах:

Александр Дмитриевич Решетников¹, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией, ORCID 0000-0002-9817-4329, AuthorID 420644; +7 964 417-43-31, adreshetnikov@mail.ru

Анастасия Ивановна Барашкова¹, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1815-4951, AuthorID 682614; +7 964 415-74-43, aibarashkova@mail.ru

¹ Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова, Якутск, Россия

Method for wild hemp (*Cannabis L.*) elimination by means of its suppression with sowing melilot (*Melilotus Mill.*)

A. D. Reshetnikov¹✉, A. I. Barashkova¹

¹ Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov, Yakutsk, Russia

✉E-mail: adreshetnikov@mail.ru

Abstract. The relevance of research. Cannabis is prevalent in all countries of the world. The well-known methods used to combat wild hemp as the use of herbicides negatively affect the environment, are ineffective, developed without taking into account the environmental characteristics of hemp, grass burning is prohibited in Russia, double plowing of abandoned agricultural land is economically costly. **The purpose of the research** is to develop an effective method of combating wild hemp (*Cannabis L.*) without herbicides by suppressing and replacing it with agricultural crops, and in subsequent years by herbs. **Materials and research methods.** In accordance with the assignment and the regulations, a patent search was carried out in the scientific and technical literature of Russia and foreign countries on methods for the destruction of wild hemp. Experimental studies on the goal were carried out in 2016–2019 in the village of Modut, Namsky district of the Republic of Sakha (Yakutia), while the *Melilotus Mill* was used. Nemyugunsky selection of the Yakutsk Research Institute of Agriculture (1986). **Results.** An effective method of combating wild hemp has been developed, characterized in that the destruction of wild hemp is carried out by sowing clover (*Melilotus Mill.*), in the first year sowing is carried out clover (*Melilotus Mill.*), in the second year, a 5-fold mowing of clover (*Melilotus Mill.*) is performed, during the summer, starting from May 25, in the third year hemp does not grow, there is a strong growth of clover. **Scientific novelty.** For the first time, an effective method has been developed to combat wild hemp by planting clover (*Melilotus Mill.*) on abandoned agricultural land without herbicides.

Keywords: agriculture, crop production, *Cannabis L.*, control method, destruction, suppression of hemp, sowing, clover, *Melilotus Mill.*

For citation: Reshetnikov A. D., Barashkova A. I. Effektivnyy metod bor'by s dikorastushchey konopley (*Cannabis L.*) putem ee podavleniya sevom donnika (*Melilotus Mill.*) [An effective method of combating wild hemp (*Cannabis L.*) by suppressing it by sowing sweet clover (*Melilotus Mill.*)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. ... DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-26-31. (In Russian.)

Paper submitted: 20.05.2020.

References

1. UNODC World Drug Report 2019 [e-resource]. URL: <https://wdr.unodc.org/wdr2019/index.html> (appeal date: 20.05.2020).
2. Zahra E., Darke Sh., Degenhardt L., Campbell G. Rates, characteristics and manner of cannabis-related deaths in Australia 2000–2018 // Drug and Alcohol Dependence. 2020. P. 108028. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2020.108028.
3. Weinberger A. H., Zhu J., Lee J., Anastasiou E., Copeland J., Goodwin R. D. Cannabis use among youth in the United States, 2004–2016: Faster rate of increase among youth with depression // Drug and Alcohol Dependence. 2020. Vol. 209. P. 107894. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2020.107894.
4. Schlienz N. J., Spindle T. R., Cone E. J., Herrmann E. S., Bigelow G. E., Mitchell J. M., Flegel R., Lo Dico Ch., Vandrey R. Pharmacodynamic dose effects of oral cannabis ingestion in healthy adults who infrequently use cannabis // Drug and Alcohol Dependence. 2020. Vol. 211. P. 107964. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2020.107964.
5. Pereira J. F., Pimentel M. F., Amigo J. M., Honorato R. S. Detection and identification of Cannabis sativa L. using near infrared hyperspectral imaging and machine learning methods. A feasibility study // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2020. Vol. 237. Pp. 118385. DOI: 10.1016/j.saa.2020.118385.
6. O vnesenii izmeneniy v nekotorye akty Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 20 avgusta 2019 g. No. 944 [On amendments to some acts of the Government of the Russian Federation Resolution of the Government of the Russian Federation of August 20, 2019 No. 944] [e-resource]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201907250014?index=11&rangeSize=1> (appeal date: 18.05.2020). (In Russian.)
7. Bor'ba s dikorastushchey konopley idet polnym khodom [The fight against wild hemp is in full swing] [e-resource] // Press service of the Ministry of Internal Affairs in the Republic of Tyva. May 23, 2015. URL: <https://17.xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/3492629> (appeal date: 18.05.2020). (In Russian.)
8. Salomatova A. Vyyavit' i unichtozhit' [Reveal and destroy] [e-resource] // Ministry of Internal Affairs in the Republic of North Ossetia-Alania. August 15, 2016. URL: <https://15.xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/8319644> (appeal date: 18.05.2020). (In Russian.)
9. Salomatova A. Through cooperation to new forms of interaction with the population [e-resource] // Ministry of Internal Affairs in the Republic of North Ossetia-Alania. May 12, 2016. URL: https://15.xn--b1aew.xn--p1ai/Novosti_obshhestvennogo_soveta_MVD_po_RS/item/8058861/ (appeal date: 18.05.2020). (In Russian.)
10. Bor'ba s narkosoderzhashchimi rasteniyami [The fight against narcotic plants] [e-resource] // Administration of the city of Shakhty. April 04, 2019. URL: <http://shakhty-gorod.ru/about/info/messages/31716/> (appeal date: 18.05.2020). (In Russian.)
11. V Tyumenskom rayone unichtozheno 11 gektarov konopli [In the Tyumen region destroyed 11 hectares of hemp] [e-resource] // Police of the Tyumen region. August 22, 2019. URL: <https://rayon72.ru/news/incidents/183641.html> (appeal date: 18.05.2020). (In Russian.)
12. V Yakutii nakosili i sozhgli okolo vos'mi tonn konopli [In Yakutia, about eight tons of hemp were mowed and burned] // Sakha News. 20.07.2019. URL: <https://www.1sn.ru/231381.html> (appeal date: 19.06.2020).
13. Gavrilova M. K. Klimat Tsentral'noy Yakutii [Climate of Central Yakutia]. Yakutsk: Yakutskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1973. 122 p. (In Russian.)
14. Loskin M. I. Povyshenie vodoobespechennosti sel'skokhozyaystvennykh ob'ektov na osnove preventivnykh meropriyatiy, obespechivayushchikh ustoychivost' nizkonapornykh gruntovykh plotin Tsentral'noy Yakutii: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Increasing the water supply of agricultural facilities on the basis of preventive measures that ensure the stability of low-pressure soil dams in Central Yakutia: abstract of dissertation ... candidate of technical sciences]. Moscow, 2019. 24 p. (In Russian.)
15. Emelyanova A. G., Sivtseva V. I., Vinokurova A. E. Osnovnye itogi selektsii mnogoletnikh trav v Yakutskom nauchno-issledovatel'skom institute sel'skogo khozyaystva [The main results of perennial grass breeding at the Yakutsk Research Institute of Agriculture] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2006. No. 5. Pp. 13–14. (In Russian.)
16. Yakutskiy nauchno-issledovatel'skiy institut sel'skogo khozyaystva imeni M. G. Safronova – 60 let na sluzhbe nauchnogo obespecheniya sel'skogo khozyaystva Yakutii [Yakutsk Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov – 60 years in the service of scientific support of agriculture of Yakutia. Yakutsk, 2016. 88 p. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr D. Reshetnikov¹, doctor of veterinary sciences, professor, chief researcher, head of the laboratory,

ORCID 0000-0002-9817-4329, AuthorID 420644; +7 964 417-43-31, adreshetnikov@mail.ru

Anastasiya I. Barashkova¹, doctor of biological sciences, chief research associate, ORCID 0000-0002-1815-4951,

AuthorID 682614; +7 964 415-74-43, aibarashkova@mail.ru

¹ Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov, Yakutsk, Russia

Анализ наследования окраски перикарпа и других признаков у гибрида риса Кубояр × Гагат

П. И. Костылев¹, Е. В. Краснова¹, А. В. Аксенов¹, Э. С. Балюкова¹

¹ Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

[✉]E-mail: p-kostylev@mail.ru

Аннотация. Рис может формировать не только белые, но и красные, коричневые и черные зерна. У черного риса перикарп зерна содержит антоциан, обладающий антиоксидантной активностью и полезный для здоровья человека.

Цель работы – изучение наследования черной окраски перикарпа и других качественных признаков у межподвидового гибрида риса Кубояр × Гагат. **Методы.** Исследования проводили на гибридах первого и второго поколения от скрещивания белозерного сорта риса Кубояр с чернотелым сортом Гагат в 2018–2019 гг. в Обособленном подразделении «Пролетарское» Ростовской области. **Научная новизна.** В результате проведенного генетического анализа установлено наследование таких признаков риса, как продолжительность вегетационного периода, окраска цветковых чешуй и перикарпа зерна риса, остистость. **Результаты.** Во втором поколении гибрида оказалось 54 фоточувствительных нецветущих растений и 128 цветущих и созревших, что указывает на взаимодействие в генотипе четырех доминантных генов. Расщепление по окраске перикарпа проходило по тригибридной схеме по типу комбинентности в соотношении черной, коричневой и белой окраски перикарпа 27:21:16. Черная окраска перикарпа формировалась при наличии в генотипе трех доминантных генов Kala1, 3 и 4, коричневая определялась геном Kala4, белая – остальными комбинациями генов. По окраске цветковых чешуй расщепление происходило по дигибридной схеме 9:3:4 (соотношение черных цветковых чешуй, желтых цветковых чешуй с черным апиккулюсом, соломенно-желтых цветковых чешуй). Хотя родительские сорта были безостыми, в F₂ появилось 39 остистых форм с тремя комбинентными доминантными генами An-a, An-b, An-c и ингибитором I, остальные 89 растений были безостыми. Отобраны лучшие рекомбинантные формы, сочетающие в себе оптимальные величины растений и метелок и зерно черного цвета, создан исходный материал для практической селекции.

Ключевые слова: рис, сорт, гибрид, перикарп, антоциан, генетический анализ, наследование, признак.

Для цитирования: Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В., Балюкова Э. С. Анализ наследования окраски перикарпа и других признаков у гибрида риса Кубояр × Гагат // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (2020). С. 32–41. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-32-41.

Дата поступления статьи: 14.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Рис является важнейшей зерновой культурой в мире. Большую часть потребляемого риса составляет белый, хотя существует много сортов риса, содержащих цветные пигменты, такие как красный и черный. Черный рис имеет высокое содержание антоцианов в слое перикарпа, что дает темно-фиолетовый пигмент [1, Р. 211]. Цветной рис обладает потенциалом в качестве источника антиоксидантов, которые снижают холестерин в крови, предотвращают анемию, повышают сопротивляемость организма болезням, предотвращают нарушение функции почек, печени, сердца, сосудов, замедляют старение. Черный рис также содержит больше белка, витаминов и минералов, чем белый, богат железом, цинком, марганцем и фосфором [2, Р. 1421].

Изучение наследования окраски околоплодника черного риса было проведено многими учеными [3, Р. 24], [4, Р. 727], [5, Р. 6], [6, Р. 4335], [7, Р. 383], [8, Р. 513]. Они установили, что черная окраска перикарпа контролируется двумя генами: А (Рр) на хромосоме 1 и В (Рb) на хромосоме 4. Сочетание двух доминантных компле-

ментарных генов Рb и Рр дает фиолетовую окраску, Рb и рр – коричневую, остальные комбинации – белую.

Японские ученые нашли третий ген Kala3 в хромосоме 3, который тоже связан с черной пигментацией перикарпа [9, Р. 134]. Они показали, что три локуса совместно дают черный цвет и назвали их ключевыми генами антоциановой окраски (Kala1, Kala3 и Kala4) (рис. 1). Синонимы Kala1 – А, или Рр, Kala4 – В, или Рb, Kala3 – Rc.

Как видно из рис. 1, только растения, несущие доминантные аллели Kala во всех трех локусах, формируют черные зерна. Коричневые зерна были у растений с аллелем Kala4. У растений, несущих рецессивные аллели Kala4, зерна были белыми независимо от других генов [9, Р. 135]. Т. Oikawa с соавторами показали, что признак черного зерна появился от эктопической экспрессии гена Kala4 из-за перестройки в области промотора. Гены Rc и Kala4 активируют гены биосинтеза флавонола для получения пигментов [10, Р. 2401].

Цветковые чешуи риса могут быть фиолетового, коричневого или красного цвета из-за накопления флавоноидов. Генетическая модель предполагает, что окраска зависит от трех различных генов:

- 1) ген С (хромоген), продуцирующий цвет;
- 2) ген А – активатор биосинтеза антоцианов;
- 3) тканеспецифичный ген пигментации S [11, Р. 2].

Sun X. С соавторами предложили модель взаимодействия генов C–S–A, в которой ген C1 кодирует фактор транскрипции R2R3-MYB и продуцирует окраску, а ген S1 кодирует белок bHLH, который специфично функционирует в тканях. Ген C1 взаимодействует с геном S и активирует экспрессию гена A1, который кодирует дигидрофлавонолредуктазу. Авторы локализовали ген A1 на хромосоме 1, ген S1 – на хромосоме 4, ген C1 – на хромосоме 6 [12, Р. 1485]. При этом фиолетовые чешуи формируются у растений с генотипом CSA, коричневые – CSa, с окрашенным кончиком – Csa, CSa, CsA, соломенно-желтые – с остальными сочетаниями аллелей (рис. 2).

Таким образом, в модели C–S–A ген C1 работает как переключатель в управлении синтезом пигментов; он вызывает коричневый цвет самостоятельно, но в сочетании с геном A1 дает фиолетовый цвет. Кроме того, черные и коричневые чешуи требуют функционального гена S1, без которого эти два цвета встречаются только в апикулюсе.

Для условий Ростовской области нужны сорта, которые гарантированно вызревают. Время цветения (дата выметывания) является основным фактором региональной и сезонной адаптации возделываемого риса. Сорта риса значительно варьируют по дате выметывания и фотопериодической реакции, что указывает на наличие многих генов этих признаков.

Десятки генов были нанесены на генетическую карту. Восемнадцать QTL (Hd1–Hd18) были обнаружены в различных гибридных популяциях от скрещиваний между контрастно различающимися сортами. Первый клонированный ген цветения Hd1 является бифункциональным регулятором, который способствует цветению в короткие дни и задерживает цветение в длинные дни. Hd2 и Hd4 также задерживают цветение при длинном дне. Hd3a

кодирует один из сигналов цветения у риса, Hd3b является компонентом циркадных часов. Были идентифицированы и клонированы дополнительные QTL-даты выметывания, такие как Ehd1, DTH2 и Ehd4 [13, Р. 489].

В Японии провели немало исследований по генетике продолжительности вегетационного периода и выявили разные гены, ответственные за время выметывания, в частности E1, E2, E3, Lm, E и Ef2. Yano M., Izawa T. показали, что этот признак контролируется более чем 15 локусами. Гены Hd1 и Ehd1 ускоряют выметывание в условиях короткого дня (КД) и тормозят в условиях длинного дня (ДД). Ген Hd3a – индуктор цветения при КД. Гены Hd5, Hd6 и Lhd4 ингибируют этот процесс в условиях ДД. Комбинация аллелей этих генов с потерей или усилением функций в определенных локусах генерирует широкий диапазон непрерывной изменчивости в сроках цветения у риса [14, Р. 177].

Китайские ученые показали, что у риса, кроме генов чувствительности к фотопериоду E1, E3, Se-1n и нейтральности Se-1e, имеются также рецессивные ингибиторы генов i-E1 и i-Se-1. Поэтому дата выметывания гибридного риса является результатом взаимодействия между генами чувствительности к фотопериоду и их ингибиторами от родителей [15, Р. 804], [16, Р. 5388], [17, Р. 3].

В работе итальянских ученых установлено, что чувствительность к длине дня доминирует над фотонейтральностью и определяется комплементарным взаимодействием генов. Они выявили генетические вариации сортов риса, хорошо адаптированных к европейским условиям, и выделили отдельные варианты репрессора гена чувствительности к длине дня HEADING DATE 1 (Hd1), которые нарушают его экспрессию или функцию белка. Искусственный отбор локально благоприятствует рецессивному варианту Hd1, неспособному вызывать фоточувствительность. Мутационные изменения ДНК вызывают нефункциональность этого гена [18].

Окраска перикарпа		Черная	Коричневая			Белая		
Генотип	Kala4							
	Kala1							
	Kala3							

Рис. 1. Окраска перикарпа зерна риса при сочетании трех локусов [9]

Grain color		Black	Brown			White		
Genotypes	Kala4							
	Kala1							
	Kala3							

Fig. 1. Rice grain pericarp color with a combination of three loci [9]

Фено-тип	Цвет чешуй	Соломенно-желтые				Коричневые		Черные	
						Кончик	Чешуи	Кончик	Чешуи
									
Гено-тип	C1								
	S1								
	A1								

Соотношение: 1 3 3 9 3 9 9 27

Рис. 2. Генетическая модель окраски цветковых чешуй риса при сочетании трех локусов: C1, S1 и A1. Зеленые прямоугольники показывают функциональные аллели; белые – нефункциональные [12]

Pheno-type	Hull color	Straw-white				Brown		Purple	
						Apiculus	Hull	Apiculus	Hull
									
Geno-type	C1								
	S1								
	A1								

Ratio: 1 3 3 9 3 9 9 27

Fig. 2. Genetic model for hull pigmentation of rice with a combination of three loci: C1, S1 and A1. Green boxes indicate functional alleles; white boxes indicate non-functional alleles [12]

По данным Andres F. с соавторами, чувствительность к длине светового дня определяется четырьмя генами. Ген *SE5* кодирует фермент, участвующий в биосинтезе фитохрома и формирует фотопериодическую чувствительность посредством регуляции генов *Hd1*, *Hd3a* и *Ehd1* [19, Р. 681].

Во ВНИИ риса уже выведены сорта риса с черным перикарпом, такие как Мавр, Гагат, Южная ночь [20, С. 9]. В Аграрном научном центре подобные исследования начаты недавно [21, С. 30], поэтому генетический анализ этого и других признаков у гибридов сортов с белым и черным зерном является актуальным.

Цель работы – изучение наследования черной окраски перикарпа и других качественных признаков у межподвидового гибрида риса Кубояр × Гагат.

Методология и методы исследований (Methods)

Материалом исследования послужили гибридные растения первого и второго поколения от скрещивания сортов Кубояр и Гагат.

Сорт Кубояр – селекции АНЦ «Донской». Подвид *ja-ponica*, разновидность *nigro-apiculata*. Сорт относится к среднеспелой группе, вегетационный период – 125 дней. Куст компактный с вертикальным расположением листьев. Высота растений – 85–94 см. Метелка прямостоячая, компактная, длиной 15 см, несет 140–170 колосков. Зерна овальной формы, средней величины, длиной 8,5 мм, шириной 3,5 мм. Отношение *l/b* зерновки – 2,4. Масса 1000 зерен – 28–29 г. Зерновка белая, стекловидная (97 %).

Сорт Гагат выведен во ВНИИ риса, подвид *indica*, разновидность *bansmatica* Gust. Среднепоздний, вегетационный период – 130 дней. Растения относительно высокорослые, высота – 115–120 см. Метелка поникающая, длиной 17–23 см, несет 120–150 колосков в метелке, плотность – 7 шт/см. Сорт длиннозерный, длина зерновки – 10,2 мм, ширина – 2,8, отношение *l/b* – 3,6. Масса 1000 зерен – 31–32 г. Перикарп зерновки – темно-фиолетовый, почти черный. Стекловидность 98 %.

Исследования проводили в 2018–2019 гг. на полях Обособленного подразделения «Пролетарское» Ростовской области. Гибридизацию сортов Кубояр и Гагат провели в 2017 году. При закладке опытов руководствовались методикой полевого опыта Б. И. Доспехова. Математическую обработку данных исследований проводили с использованием программы Statistica 6. Для генетического анализа признаков использовали компьютерную программу «Полиген А» А. Ф. Мережко [22, С. 111].

Результаты (Results)

Исходные родительские формы Кубояр и Гагат значительно различались между собой по продолжительности вегетации, Гагат зацветал на 5 дней позже Кубояра. Цветение Кубояра происходило 2 августа, а Гагата – 7 августа. По вегетационному периоду у гибрида первого поколения в 2018 г. было установлено большое сверхдоминирование (*hp* = 35,8). Растения сформировали огромные кусты с мощными облиственными побегами, до 16 на растении, однако выметывания в полевых условиях не

было. Цветение и созревание семян у растений гибрида происходило в теплице в ноябре.

Обратное скрещивание в следующем году показало аналогичные результаты, в поле гибрид формировал лишь вегетативную массу (рис. 3), метелки стали закладываться в конусе нарастания только во второй половине сентября при укорочении дня до 12 часов, а цветение началось 02.11.2019 г.

Во втором поколении наблюдалось выщепление значительной части сильно кустящихся фоточувствительных форм, которые до конца сентября не перешли к цветению. Их оказалось 54, тогда как цветущих было 128 растений. Это соотношение близко к теоретическому расщеплению 57:125, которое получается при одновременном присутствии в генотипе четырех доминантных генов в гомо- и гетерозиготном состоянии при сегрегации гибрида второго поколения с частотой 81 из 256 растений (таблица 1).

Нулевая гипотеза подтверждается критерием χ^2 на уровне вероятности $0,50 < P < 0,70$.

По-видимому, у родительских сортов имелись в противоположном аллельном состоянии доминантные ком-

плементарные гены чувствительности к фотопериоду, например E1 и E3, и рецессивные гены ингибиторы i-E1 и i-E3. Это могут быть варианты скрещивания типа:

E1E1 i-E1i-E1 e3e3 I-E3I-E3 $\times$ elel, I-E1I-E1 E3E3 i-E3i-E3 или

E1E1, i-E1i-E1, E3E3, i-E3i-E3 $\times$ elel I-E1I-E1 e3e3 I-E3I-E3.

У гибрида F₁ объединяются в гетерозиготном состоянии оба доминантных гена фоточувствительности, плюс два доминантных гена ингибитора, у которых функционируют только рецессивные гомозиготные аллели. Тогда генная формула гибрида будет такой: E1e1 I-E1i-E1 E3e3 I-E3i-E3. Во втором поколении 81/256 часть гибридов также получают все эти 4 доминантных гена и не зацветают в поле.

Остальные 128 растений зацвели с 22 июля по 22 августа и созрели к уборке, хотя поздние не полностью налили зерно. При этом на метелках наблюдалась значительная пустозерность. Фертильность варьировала от 1,5 до 93,9 % (в среднем 42,3 %), что объясняется значительной гетерозиготностью особей в популяции. В последующих поколениях с ростом количества гомозиготных форм она будет повышаться.



Рис. 3. Гибрид F₁ Gagat $\times$ Kuboyar. Слева – в поле 11.09.2019 г. (на переднем плане – сорт Гагат), справа – в теплице, начало цветения 02.11.2019 г.

Fig. 3. Hybrid F₁ Gagat $\times$ Kuboyar. On the left – in the field on September 11, 2019 (in the foreground the variety Gagat), on the right – in the greenhouse, the beginning of flowering on November 2, 2019

Таблица 1
Наследование чувствительности к фотопериоду у гибрида F₂ Кубояр × Гагат (2019 г.)

Фотопериод	Генная формула	Расщепление		Доля генотипа
		Фактическое	Теоретическое	
Чувствительный	E1 I-E1 E3 I-E3	54	57	81
Нечувствительный	Остальные сочетания	128	125	175
Сумма		182	182	256

Примечание: $c^2 = 0,23$; $0,50 < P < 0,70$.

Table 1
Inheritance of sensitivity to photoperiod in the F₂ hybrid Kuboyar × Gagat (2019)

Photoperiod	Gene formula	Segregation		Genotype share
		Actual	Theoretical	
Sensitive	E1 I-E1 E3 I-E3	54	57	81
Insensitive	Other combinations	128	125	175
Amount		182	182	256

Note: $c^2 = 0,23$; $0,50 < P < 0,70$.

Таблица 2
Наследование окраски перикарпа зерна у гибрида F₂ Кубояр × Гагат (2019 г.)

Окраска зерна	Генная формула	Расщепление		Доля генотипа
		Фактическое	Теоретическое	
Черная	K1 K3 K4	56	54	27
Коричневая	K1 k3k3 K4 k1k1 K3 K4 k1k1 k3k3 K4	39	42	21
Белая	K1 K3 k4k4 k1k1 K3 k4k4 K1 k3k3 k4k4 k1k1 k3k3 k4k4	33	32	16
Сумма		128	128	64

Примечание: $c^2 = 0,32$; $0,80 < P < 0,90$.

Table 2
Inheritance of pericarp coloring of grain in the F₂ hybrid Kuboyar × Gagat (2019)

Pericarp color	Gene formula	Segregation		Genotype share
		Actual	Theoretical	
Black	K1 K3 K4	56	54	27
Brown	K1 k3k3 K4 k1k1 K3 K4 k1k1 k3k3 K4	39	42	21
White	K1 K3 k4k4 k1k1 K3 k4k4 K1 k3k3 k4k4 k1k1 k3k3 k4k4	33	32	16
Amount		128	128	64

Note: $c^2 = 0,32$; $0,80 < P < 0,90$.

Поскольку для генетического анализа была взята только та часть гибридной популяции, растения которой зацвели и сформировали семена, то гены, сцепленные с генами фоточувствительности, не были учтены, что могло повлиять на результаты расщепления и вызвать отклонения от менделевских соотношений классов. Если же сцепление отсутствовало, то закономерности сохранялись.

Одной из специфических черт риса является наличие остей на кончике леммы. Остистость у риса контролируется несколькими доминантными генами An. Наличие остей влияет на физические и морфологические характеристики зерна. В исследовании Sahu G. R., et al. растения F₁ от скрещивания безостого и остистого сортов имели

ости, что указывает на доминантный характер этого признака, а соотношение остистых и безостых растений в популяции F₂ наиболее точно соответствовало соотношению 27:37. Это показывает, что три комплементарных гена (обозначены как An-a, An-b и An-c) были ответственны за проявление остистости [23, Р. 490].

Несмотря на то что оба родительских сорта – Кубояр и Гагат – были безостыми, в потомстве F₂ из 128 растений появилось 39 с короткими остями длиной от 3 до 30 мм и 89 безостых. По-видимому, их возникновение связано со снятием супрессии генов остистости An в результате рекомбинации. Расщепление происходило по тетрагибридной схеме в соотношении 81:175. У одного сорта были доминантные гены остистости An-a, An-b, An-c

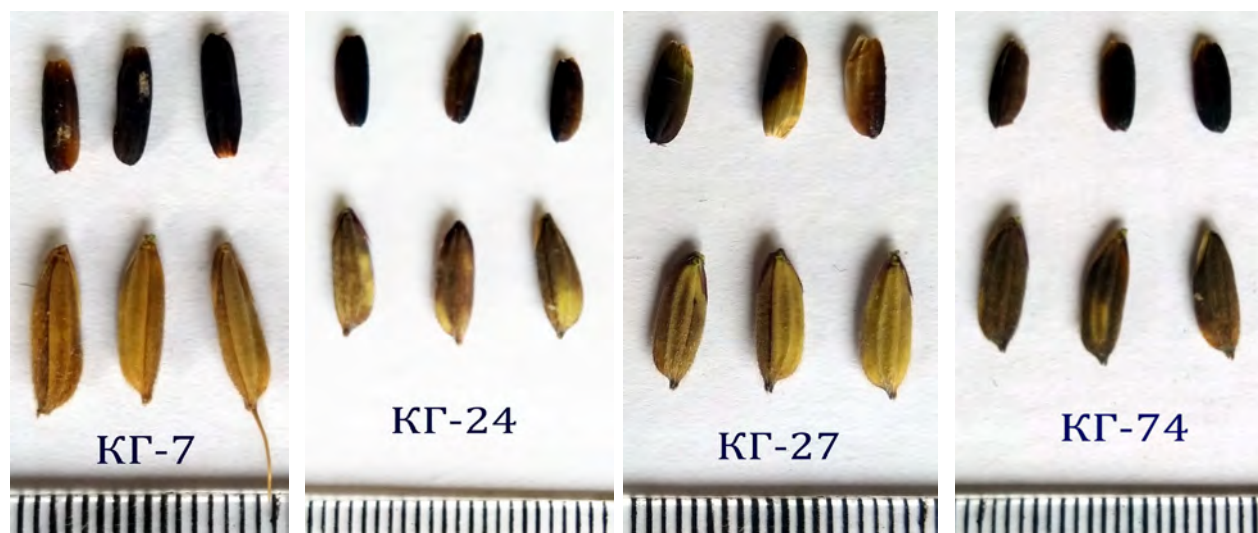


Рис. 5. Зерновки лучших форм F₂ Кубояр × Гагат с антоциановой окраской перикарпа, 2019 г.
Fig. 5. Grains of the best forms F₂ Kuboyar × Gagat with purple pericarp, 2019

Таблица 3
Наследование окраски цветковых чешуй у гибрида F₂ Кубояр × Гагат (2019 г.)

Окраска цветковых чешуй	Генная формула	Расщепление		Доля генотипа
		Фактическое	Теоретическое	
Черная	C_ S_ AA	70	72	9
Соломенно-желтая с черным апикулюсом	C ss AA	23	24	3
Соломенно-желтая	cc S_ AA cc ss AA	35	32	4
Сумма		128	128	16

Примечание: $c^2 = 0,38$; $0,80 < P < 0,90$.

Table 3
Inheritance of coloring of floral scales in the F₂ hybrid Kuboyar × Gagat (2019)

Hull color	Gene formula	Segregation		Genotype share
		Actual	Theoretical	
Purple	C_ S_ AA	70	72	9
Purple apiculus	C ss AA	23	24	3
Straw-white	cc S_ AA cc ss AA	35	32	4
Amount		128	128	16

Note: $c^2 = 0,38$; $0,80 < P < 0,90$.

и рецессивный ген ингибитор остистости *i*, а у другого наоборот, рецессивные гены остистости и доминантный ингибитор. В F₂ формы с четырьмя доминантными генами An-a_ An-b_ An-c_ I_ были остистыми, а остальные – безостыми. Фактическое соотношение 39:89, или 78:178, очень близко к теоретическому 81:175 ($c^2 = 0,08$; $0,70 < P < 0,80$).

В наших исследованиях было проанализировано наследование окраски перикарпа и цветковых чешуй. При скрещивании белозерного сорта Кубояр с чернозерным сортом Гагат в F₁ формировалось черное зерно, что свидетельствует о полном доминировании этого признака.

Второе поколение расщепилось на три типа окраски, среди которых появилась коричневая. Из 128 проанализированных растений черная окраска перикарпа была выявлена у 56, коричневая – у 39, белая – у 33 (таблица 2).

Отклонения фактических частот от теоретических были незначительными. Различия между родительскими сортами заключались в аллельном состоянии трех генов: Kala 1, Kala 3 и Kala 4. У Кубояра они были рецессивны-

ми, генная формула – k1k1 k3k3 k4k4, у Гагата – доминантными K1K1 K3K3 K4K4, которые совместно определяли окраску перикарпа зерна.

Расщепление проходило по тригибридной схеме в соотношении 27:21:16. Черная окраска перикарпа формировалась при наличии в генотипе трех доминантных генов K1, K3 и K4, коричневая определялась геном K4 независимо от аллельного состояния генов K1 и K3, белая – остальными комбинациями генов, в которых k4 всегда был в рецессивном состоянии (рис. 1). Это полностью согласуется с данными Maeda H., et al. [9, P. 138].

В наших исследованиях у гибрида от скрещивания двух сортов Кубояр и Гагат с соломенно-желтой окраской цветковых чешуй в F₁ проявилась черная антоциановая окраска, что можно объяснить комплементарным взаимодействием минимум двух генов.

Во втором поколении произошло расщепление в соотношении черных и соломенно-желтых чешуй 58:70, причем 23 из них имели окрашенный апикулюс (разновидность *nigro-apiculata*), а 35 – неокрашенный (*italica*)

(таблица 3, рис. 4). Формы с черными чешуями относятся к разновидности *nero-vialonica*. При этом у сорта Кубояр апикулюс был окрашен, а у Гагата – нет. Генетический анализ показал, что расщепление происходило по дигибридной схеме в соотношении 9:3:4.

Сопоставление полученных результатов со схемой наследования, представленной Sun X., et al. (2018), позволило определить генотипы родительских сортов и групп гибридов. У сорта Кубояр генотип соответствует формуле CC ss AA, а у сорта Гагата – cc SS AA. У обоих сортов имеется доминантный ген A, поэтому различия между ними заключаются в аллельном состоянии не трех, а двух генов. Следовательно, генные формулы гибрида F₁: C_ S_ AA, а гибридов F₂ такие, как представлены в таблице 3. Растения с черной окраской чешуй имели три доминантных гена CSA, с окрашенным апикулюсом – два доминантных гена CsA, с соломенно-желтой окраской – доминантный ген A с рецессивными аллелями cc и любыми S.

В результате работы были выделены лучшие формы F₂, сочетающие оптимальные величины высоты растения, озерненности метелки и массу 1000 зерен, с черной окраской перикарпа. Они направлены для посева третьего поколения в гибридном питомнике и дальнейшего изучения (рис. 5).

Их высота колебалась в пределах 70–130 см, длина метелки – 14,4–25,0 см, общее число колосков – 98–387 шт., масса 1000 зерен – 23,1–33,3 г, длина зерна – 8,2–10,6 мм, ширина зерна – 2,8–3,5 мм. В третьем поколении продолжается отбор лучших в хозяйственно-биологическом отношении форм для последующего создания раннеспелых сортов риса с черным перикарпом.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, проведенный генетический анализ позволил выявить ряд закономерностей. Во втором поколении гибрида Кубояр × Гагата из 182 растений 54 сильно кустились и до конца сентября не перешли к цветению, то есть проявили фоточувствительность, отсутствующую у родительских форм. Это соотношение близко к теоретическому расщеплению 81:175, которое получается при одновременном присутствии в генотипе четырех доминантных генов в гомо- и гетерозиготном состоянии, которые проявили комплементарный эффект.

Расщепление по окраске перикарпа проходило по тригибридной схеме по типу комплементарности в соотношении черного, коричневого и белого перикарпа 27:21:16. Черная окраска перикарпа формировалась при наличии в генотипе трех доминантных генов Kala1, Kala3 и Kala4, коричневая определялась геном Kala4, белая – остальными комбинациями генов.

Окраска цветковых чешуй определялась тремя генами CSA: у Кубояра – CCssAA, у Гагата – ccSSAA. Расщепление происходило по дигибридной схеме 9:3:4 – соотношение черных цветковых чешуй, желтых цветковых чешуй с черным апикулюсом, соломенно-желтых цветковых чешуй. То есть проявился рецессивный эпистаз.

Несмотря на то что родительские сорта были безостыми, в F₂ появились 39 остистых форм с тремя комплементарными доминантными генами An-a, An-b, An-c и ингибитором I, остальные 89 растений были безостыми. Фактическое соотношение 39:89, или кратное 78:178, очень близко к теоретическому 81:175 ($\chi^2 = 0,08$; $0,70 < P < 0,80$).

Для дальнейшей селекционной работы выделены лучшие формы F₂ с черной окраской перикарпа, сочетающие оптимальную высоту растения, длину метелки, повышенную озерненность и массу 1000 зерен.

Библиографический список

1. Takashi I., Bing X., Yoichi Y., Masaharu N., Tetsuya K. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice // Journal of Medicinal Food. 2001. Vol. 4. Pp. 211–218.
2. Ling W. H., Cheng Q. X., Ma J., Wang T. Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits // Journal of Nutrition. 2001. Vol. 131. Pp. 1421–1426.
3. Rahman M. M., Lee K. E., Matin M. N., Lee D. S., Yun J. S., Kim J. B., Kang S. G. The genetic constitutions of complementary genes Pp and Pb determine the purple color variation in pericarps with cyanidin 3-O-glucoside depositions in black rice // Journal of Plant Biology. 2013. Vol. 56. Pp. 24–31.
4. Rahman M. M., Lee K. E., Kang S. G. Allelic gene interaction and anthocyanin biosynthesis of purple pericarp trait for yield improvement in black rice // Journal of Life Science. 2016. Vol. 26. No. 6. Pp. 727–736. DOI: 10.5352/JLS.2016.26.6.727.
5. Kushwaha U. K. S. Black Rice: Research, History, and Development. 2016. 192 p. DOI: 10.15406/apar.2016.05.00165.
6. Gao J., Dai G., Zhou W., Liang H., Huang J., Qing D., Chen W., Wu H., Yang X., Li D., Gao L., Deng G. Mapping and identifying a candidate gene Plr4, a recessive gene regulating purple leaf in rice, by using bulked segregant and transcriptome analysis with next-generation sequencing // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20 (18). P. 4335. DOI: 10.3390/ijms20184335.
7. Kristamtini T., Basunanda P., Murti R. H. Inheritance of pericarp pigment on crossing between black rice and white rice // Songklanakarin Journal of Science and Technology. 2019. Vol. 41 (2). Pp. 383–388.
8. Lachagari V., Gupta R., Lekkala S. P., Mahadevan L., Kuriakose B., Chakravartty N., Mohan K. A., Santhosh S., Reddy A.R., Thomas G. Whole genome sequencing and comparative genomic analysis reveal allelic variations unique to a purple colored rice landrace (*Oryza sativa* ssp. *indica* cv. Purpleputtu) // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. P. 513.
9. Maeda H., Yamaguchi T., Omoteno M., Takarada T., Fujita K., Murata K., Iyama Y., Yoichiro K., Morikawa M., Ozaki H., Mukaino N., Kidani Y., Ebitani T. Genetic dissection of black grain rice by the development of a near isogenic line // Breeding Science. 2014. Vol. 64 (2). Pp. 134–141. DOI: 10.1270/jsbbs.64.134.
10. Oikawa T., Maeda H., Oguchi T., Yamaguchi T., Tanabe N., Ebana K., Yano M., Ebitani T., Izawa T. The birth of a black rice gene and its local spread by introgression // The Plant Cell. 2015. Vol. 27. Pp. 2401–2414.

11. Xu X., Zhang X. B., Shi Y. F., Wang H. M., Feng B. H., Li X. H., Huang Q. N., Song L. X., Guo D., He Y., Wu J. L. A point mutation in an F-box domain-containing protein is responsible for brown hull phenotype in rice // *Rice Science*. 2016. Vol. 23 (1). Pp. 1–8.
12. Sun X., Zhang Zh., Chao Chen C., Wu W., Ren N. Jiang C., Yu J., Zhao Y., Zheng X., Yang Q., Zhang H., Li J., Li Z. The C–S–A gene system regulates hull pigmentation and reveals evolution of anthocyanin biosynthesis pathway in rice // *Journal of Experimental Botany*. 2018. Vol. 69. No. 7. Pp. 1485–1498.
13. Liu H., Li Q., Xing Y. Genes contributing to domestication of rice seed traits and its global expansion // *Genes*. 2018. Vol. 9 (10). Pp. 489. DOI: 10.3390/genes9100489.
14. Yano M., Izawa T. Genetic and molecular dissection of flowering time in rice // *Rice Genetics V*. 2007. Pp. 177–188.
15. Luo L. G., Xu J. F., Zhai H. Q., Wan J. M. Analysis of photoperiod-sensitivity genes in Minghui 63, an restorer line of indica rice (*Oryza sativa* L.) // *Yi Chuan Xue Bao*. 2003. Vol. 30 (9). Pp. 804–810.
16. Zhang Z. Y., Hu W., Shen G. J., Liu H. Y., Hu Y., Zhou X. C., Liu T. M., Xing Y. Z. Alternative functions of Hd1 in repressing or promoting heading are determined by Ghd7 status under long-day conditions // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7 (1). P. 5388.
17. Wang P., Gong R., Yang Y., Yu S. Ghd8 controls rice photoperiod sensitivity by forming a complex that interacts with Ghd7 // *BMC Plant Biology*. 2019. Vol. 19. No. 462. Pp. 1–15.
18. Goretti D., Martignago D., Landini M., Brambilla V., Gomez-Ariza J., Gnesutta N., Galbiati F., Collani S., Takagi H., Terauchi R., Mantovani R., Fornara F. Transcriptional and post-transcriptional mechanisms limit heading date 1 (Hd1) function to adapt rice to high latitudes // *PLoS Genet*. 2017. Vol. 13 (1). e1006530. DOI: 10.1371/journal.pgen.1006530.
19. Andres F., Galbraith D. W., Talon M., Domingo C. Analysis of PHOTOPERIOD SENSITIVITY 5 sheds light on the role of phytochromes in photoperiodic flowering in rice // *Plant Physiology*. 2009. Vol. 151. Pp. 681–690.
20. Гончарова Ю. К., Бушман Н. Ю., Верещагина С. А. Сорты риса с окрашенным перикарпом // *Рисоводство*. 2015. № 1–2 (26–27). С. 9–11.
21. Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В., Балукова Э. С. Генетика ряда признаков у гибрида риса Светлый × Мавр // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 3 (63). С. 30–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-30-35.
22. Мережко А. Ф. Использование менделевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // *Экологическая генетика культурных растений: материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса*. Краснодар, 2005. С. 107–117.
23. Sahu G. R., Burman M., Nair S. K., Sarawgi A. K., Rao R. K. Genetic Behaviour of Awning Character in Rice (*Oryza sativa* L.) // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* // 2018. Vol. 7 (5). Pp. 490–493. DOI: org/10.20546/ijcmas.2018.705.061.

Об авторах:

Павел Иванович Костылев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-4371-6848, AuthorID 162616; +7 918 561-11-53, p-kostylev@mail.ru

Елена Викторовна Краснова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-3392-4774, AuthorID 162618; +7 988 945-54-65, krasnovaelena67@mail.ru

Александр Владимирович Аксенов¹, агроном лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0002-6641-878X, AuthorID 1070975; +7 908 512-37-02, aleksandraksenov774@gmail.com

Эльвира Сергеевна Балукова¹, лаборант-исследователь лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID 0000-0001-8976-2703, AuthorID 1071005; +7 905 428-89-87, ms.veprik@mail.ru

¹ Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

Analysis of the inheritance of pericarp color and other characters in the rice hybrid Kuboyar × Gagat

P. I. Kostylev¹, E. V. Krasnova¹, A. V. Aksenov¹, E. S. Balyukova¹

Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

[✉]E-mail: p-kostylev@mail.ru

Abstract. Rice can form not only white, but also red, brown and black grains. In black rice, pericarp grains contain anthocyanins, which have antioxidant activity and are beneficial to human health. The purpose of the work is to study the inheritance of the black color of the pericarp and other qualitative traits in the intersubspecific hybrid of rice Kuboyar × Gagat, the selection of the best recombinant forms combining early ripeness, a compact erect panicle and black grain, the creation of the source material for practical selection. Methods The studies were carried out on hybrids of the first and second generation from cross-

ing a white-grain variety of rice Kuboyar with black-grained Gagat in 2018–2019 in the Separate Division “Proletarskoye” of the Rostov Region. Results. A genetic analysis of the inheritance of the duration of the growing season, qualitative signs of coloring of flower scales and rice grains, and spinousness was carried out. In the second generation, 54 photosensitive non-flowering plants and 128 normal ones broke out, which indicates the interaction of four dominant genes in the genotype. The splitting according to the color of the pericarp was carried out according to the trihybrid scheme according to the type of complementarity in the ratio of 27 black: 21 brown: 16 white. The black color of the pericarp was formed when three dominant genes Kala1, 3, and 4 were present in the genotype, brown was determined by the Kala4 gene, and white by the remaining combinations of genes. According to the color of flowering scales, the cleavage occurred according to the digrid pattern: 9 black: 3 yellow with black apiculus: 4 straw yellow. Although the parental varieties were boneless, 39 spinous forms appeared in F2 with three complementary dominant genes *An-a*, *An-b*, *An-c* and inhibitor *I*, the remaining 89 plants were boneless. The best recombinant forms were selected, combining the optimal values of plants and panicles and black grain, the source material for practical selection was created.

Keywords: rice, hybrid, pericarp, anthocyanin, inheritance.

For citation: Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V., Balyukova E. S. Analiz nasledovaniya okraski perikarpa i drugih priznakov u gibrida risa Kuboyar × Gagat [Analysis of the inheritance of pericarp color and other characters in the rice hybrid Kuboyar × Gagat] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 32–41. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-32-41. (In Russian.)

References

1. Takashi I., Bing X., Yoichi Y., Masaharu N., Tetsuya K. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice // Journal of Medicinal Food. 2001. Vol. 4. Pp. 211–218.
2. Ling W. H., Cheng Q. X., Ma J., Wang T. Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits // Journal of Nutrition. 2001. Vol. 131. Pp. 1421–1426.
3. Rahman M. M., Lee K. E., Matin M. N., Lee D. S., Yun J. S., Kim J. B., Kang S. G. The genetic constitutions of complementary genes Pp and Pb determine the purple color variation in pericarps with cyanidin 3-O-glucoside depositions in black rice // Journal of Plant Biology. 2013. Vol. 56. Pp. 24–31.
4. Rahman M. M., Lee K. E., Kang S. G. Allelic gene interaction and anthocyanin biosynthesis of purple pericarp trait for yield improvement in black rice // Journal of Life Science. 2016. Vol. 26. No. 6. Pp. 727–736. DOI: 10.5352/JLS.2016.26.6.727.
5. Kushwaha U. K. S. Black Rice: Research, History, and Development. 2016. 192 p. DOI: 10.15406/apar.2016.05.00165.
6. Gao J., Dai G., Zhou W., Liang H., Huang J., Qing D., Chen W., Wu H., Yang X., Li D., Gao L., Deng G. Mapping and identifying a candidate gene Plr4, a recessive gene regulating purple leaf in rice, by using bulked segregant and transcriptome analysis with next-generation sequencing // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20 (18). P. 4335. DOI: 10.3390/ijms20184335.
7. Kristantini T., Basunanda P., Murti R. H. Inheritance of pericarp pigment on crossing between black rice and white rice // Songklanakarin Journal of Science and Technology. 2019. Vol. 41 (2). Pp. 383–388.
8. Lachagari V., Gupta R., Lekkala S. P., Mahadevan L., Kuriakose B., Chakravartty N., Mohan K. A.; Santhosh S., Reddy A.R., Thomas G. Whole genome sequencing and comparative genomic analysis reveal allelic variations unique to a purple colored rice landrace (*Oryza sativa* ssp. *indica* cv. Purpleputtu) // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. P. 513.
9. Maeda H., Yamaguchi T., Omoteno M., Takarada T., Fujita K., Murata K., Iyama Y., Yoichiro K., Morikawa M., Ozaki H., Mukaino N., Kidani Y., Ebitani T. Genetic dissection of black grain rice by the development of a near isogenic line // Breeding Science. 2014. Vol. 64 (2). Pp. 134–141. DOI: 10.1270/jsbbs.64.134.
10. Oikawa T., Maeda H., Oguchi T., Yamaguchi T., Tanabe N., Ebana K., Yano M., Ebitani T., Izawa T. The birth of a black rice gene and its local spread by introgression // The Plant Cell. 2015. Vol. 27. Pp. 2401–2414.
11. Xu X., Zhang X. B., Shi Y. F., Wang H. M., Feng B. H., Li X. H., Huang Q. N., Song L. X., Guo D., He Y., Wu J. L. A point mutation in an F-box domain-containing protein is responsible for brown hull phenotype in rice // Rice Science. 2016. Vol. 23 (1). Pp. 1–8.
12. Sun X., Zhang Zh., Chao Chen C., Wu W., Ren N. Jiang C., Yu J., Zhao Y., Zheng X., Yang Q., Zhang H., Li J., Li Z. The C–S–A gene system regulates hull pigmentation and reveals evolution of anthocyanin biosynthesis pathway in rice // Journal of Experimental Botany. 2018. Vol. 69. No. 7. Pp. 1485–1498.
13. Liu H., Li Q., Xing Y. Genes contributing to domestication of rice seed traits and its global expansion // Genes. 2018. Vol. 9 (10). Pp. 489. DOI: 10.3390/genes9100489.
14. Yano M., Izawa T. Genetic and molecular dissection of flowering time in rice // Rice Genetics V. 2007. Pp. 177–188.
15. Luo L. G., Xu J. F., Zhai H. Q., Wan J. M. Analysis of photoperiod-sensitivity genes in Minghui 63, an restorer line of indica rice (*Oryza sativa* L.) // Yi Chuan Xue Bao. 2003. Vol. 30 (9). Pp. 804–810.
16. Zhang Z. Y., Hu W., Shen G. J., Liu H. Y., Hu Y., Zhou X. C., Liu T. M., Xing Y. Z. Alternative functions of Hd1 in repressing or promoting heading are determined by Ghd7 status under long-day conditions // Scientific Reports. 2017. Vol. 7 (1). P. 5388.

17. Wang P., Gong R., Yang Y., Yu S. Ghd8 controls rice photoperiod sensitivity by forming a complex that interacts with Ghd7 // *BMC Plant Biology*. 2019. Vol. 19. No. 462. Pp. 1–15.
18. Goretti D., Martignago D., Landini M., Brambilla V., Gomez-Ariza J., Gnesutta N., Galbiati F., Collani S., Takagi H., Terauchi R., Mantovani R., Fornara F. Transcriptional and post-transcriptional mechanisms limit heading date 1 (Hd1) function to adapt rice to high latitudes // *PLoS Genet*. 2017. Vol. 13 (1). e1006530. DOI: 10.1371/journal.pgen.1006530.
19. Andres F., Galbraith D. W., Talon M., Domingo C. Analysis of PHOTOPERIOD SENSITIVITY 5 sheds light on the role of phytochromes in photoperiodic flowering in rice // *Plant Physiology*. 2009. Vol. 151. Pp. 681–690.
20. Goncharova Yu. K., Bushman N. Yu., Vereshchagina S. A. Sorta risa s okrashennym perikarpom [Varieties of rice with colored pericarp] // *Rice Growing*. 2015. No. 1–2 (26–27). Pp. 9–11. (In Russian.)
21. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V., Balyukova E. S. Genetika ryada priznakov u gibrida risa Svetlyy × Mavr [Genetics of the traits in the rice hybrid Svetlyy × Mavr] // *Grain Economy of Russia*. 2019. No. 3 (63). Pp. 30–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-30-35. (In Russian.)
22. Merezhko A. F. Ispol'zovaniye mendelevskikh printsipov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchikh priznakov [The use of Mendeleev's principles in a computer analysis of the inheritance of varying characters] // *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy: materialy shkoly molodykh uchenykh RASKHN, VNII risa. Krasnodar, 2005*. Pp. 107–117. (In Russian.)
23. Sahu G. R., Burman M., Nair S. K., Sarawgi A. K., Rao R. K. Genetic Behaviour of Awning Character in Rice (*Oryza sativa* L.) // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* // 2018. Vol. 7 (5). Pp. 490–493. DOI: org/10.20546/ijcmas.2018.705.061.

Authors' information:

Pavel I. Kostylev¹, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher at the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-4371-6848, AuthorID 162616; +7 918 561-11-53; p-kostylev@mail.ru

Elena V. Krasnova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-3392-4774, AuthorID 162618; +7 988 945-54-65, krasnovaelena67@mail.ru

Alexander V. Aksenov¹, agronomist of the laboratory of rice breeding and seed production, ORCID 0000-0002-6641-878X, AuthorID 1070975; +7 908 512-37-02; aleksandraksenov774@gmail.com

Elvira S. Balyukova¹, laborant of the laboratory of rice breeding and seed production, ORCID 0000-0001-8976-2703; AuthorID 1071005; +7 905 428-89-87, ms.veprik@mail.ru

¹ Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

Methodology for compiling a microbial resistance passport for dairy farms

A. S. Krivonogova¹, I. M. Donnik², A. G. Isaeva^{2✉}, K. V. Moiseeva²

¹ Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: isaeva.05@bk.ru

Abstract. The article presents the results of the work, **the purpose** of which was to create a microbial resistance passport for a dairy farm. **Methods.** Conducted studies of opportunistic pathogenic microflora in various technological areas, there were taken samples of feed, water, air, bedding, washings from the wool and mucous membranes of cows and calves, washings from surfaces, fences, technological equipment, and livestock care equipment. There were determined the frequency of occurrence and the proportion of microorganisms in the structure of the opportunistic microbiocenosis. **Results.** It was found that on all surveyed dairy farms, the nucleus of opportunistic microbiocenosis was represented by *Ent. faecium*, *Ent. faecalis*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *P. aeruginosa*, *P. vulgaris*, *P. mirabilis*, *E. coli*, *Aspergillus* spp. and *C. albicans* – the frequency of occurrence of these microorganisms in samples exceeded 15 %. We studied the two-year dynamics of the microbiocenoses composition on farms. It was found that the main nucleus of the microbiocenosis remained stable in species composition, and the percentage of stocks was subject to slight changes. There were carried out the studies of the sensitivity of all detected stocks to antibiotics, based on the results of which were compiled resistances profiles, methods were developed for the analysis of general indicators of microbial resistance throughout the enterprise and in individual technological areas, and were established the ways of spreading resistant stocks on the farm. On the basis of four criteria, including the effectiveness of the antibiotic against the target microorganism, the effectiveness against the non-target microorganism in vitro, the degree of growth inhibition, the minimum inhibitory concentration, the antibiotic susceptibility analysis of the main pathogenic microorganisms was carried out in points. The results obtained were used to predict the expected effectiveness of antibiotics in different technological areas of the farm. **The novelty** of the researches is in the development of an algorithm for compiling a passport of microbial resistance of a dairy farm, which includes analysis of opportunistic microbiocenosis, analysis of antibiotic sensitivity of microorganisms and prediction of the expected effectiveness of antibacterial drugs.

Keywords: microbial resistance, opportunistic microflora, antibiotic sensitivity, antibiotic resistance, dairy farm, cattle, microbial resistance passport, monitoring of microbial resistance.

For citation: Krivonogova A. S., Donnik I. M., Isaeva A. G., Moiseeva K. V. Methodology for compiling a microbial resistance passport for dairy farms // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 42–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-42-47.

Paper submitted: 20.07.2020.

Introduction

According to the World Health Organization, antimicrobial resistance of microorganisms is currently among the urgent threats to the well-being of humanity and is a multifaceted problem affecting the entire society. To combat the development and spread of antimicrobial resistance (AMR), there are required concerted actions at all executive levels – from first-line specialists to the leadership of countries and international associations [1]. A long period of uncontrolled use of antimicrobial drugs in healthcare, veterinary medicine and agriculture has led to the spread of forms of microorganisms, including pathogens of infectious diseases with genetic characteristics that determine resistance to antimicrobial drugs, including antibiotics, anti-tuberculosis, antiviral, antiparasitic and antifungal drugs [2]. In May 2015, the World Health Assembly approved a global action plan to tackle antimicrobial

resistance, including antibiotic resistance, which is the most pressing trend in drug resistance. Monitoring of microflora resistance and antibiotic control in veterinary medicine and agriculture are among the main areas of work to prevent AMR [3]. In 2017, the Russian Federation adopted the Strategy for preventing the spread of antimicrobial resistance. Among the main reasons for the emergence and spread of antimicrobial resistance related to veterinary medicine and agriculture, are the irrational and (or) uncontrolled use of antimicrobial drugs, insufficient diagnosis of resistance of microorganisms to drugs, a violation of the composition of the normal microbiota of animals; lack of AMR monitoring mechanisms. [2]. The World Veterinary Association points to the critical role of the line animal veterinarian. It appears to be more significant than government measures such as licensing and control. Because the use of an antibiotic in each specific case is the responsibil-

ity of the veterinarian, who determines the indications, type, dosage and regimen of the drug. At the same time, the WVA supports the idea that each country should have an appropriate regulatory system for licensing the control of veterinary antimicrobial drugs [4]. Responsible and reasonable use of antibiotics in veterinary medicine, declared in the Terrestrial Animal Health Code, implies an analysis of the risks of developing antimicrobial resistance in animals, control and restriction of the use of feed antibiotics, prohibition of their prophylactic intake and prescriptions without prior determination of the sensitivity of target microorganisms [5]. When tracking and registering the use of veterinary antimicrobial drugs, it is recommended to indicate the type of animals, the type of drug, periods and treatment regimens, data on the susceptibility of microorganisms, the response of animals to therapy, etc. The importance of identifying, describing, monitoring and controlling all episodes of resistance in productive animals is emphasized. [5].

In Russia, the AMR containment strategy involves, inter alia, work on diagnostics and restoration of disturbed natural microbiocenoses of humans, farm animals and plants; rational use and production control over the use of antimicrobial drugs in health and veterinary medicine; increasing the detectability of the resistance of pathogens of infectious diseases in humans, animals and plants. Monitoring the spread of antimicrobial resistance based on laboratory diagnostic data is one of the main directions of monitoring biological and chemical threats in the Russian Federation [2]. Unfortunately, today the domestic livestock sector is in economic conditions that do not allow one to immediately abandon the use of antibiotic-containing feed additives, or to conduct individual laboratory diagnostics of each animal to select the optimal antibiotic therapy. Due to the low availability of laboratory diagnostic services and a limited range of antibiotics approved in veterinary medicine, most livestock enterprises have to use the same therapy regimens for years without changing drugs and preliminary sensitivity control.

In addition, there are objective technological, environmental and biological factors that contribute to the spread of AMR in livestock populations – the placement of large livestock in a limited area, reduced mobility of animals, crowding, circulation of infectious agents, requiring treatment with antimicrobial drugs (AMP), constant stress, unfavorable ecological environment, low quality feed, etc. [6, P. 10], [7, P. 605], [8], [9, P. 203]. The resulting change in the balance of microorganisms in the opportunistic microbiocenosis can simultaneously be both a cause and a consequence of the spread of AMR. Replacement of non-pathogenic native microflora with pathogenic strains, increased aggressiveness and resistance of opportunistic species leads to the fact that undesirable microorganisms are firmly fixed in the core of the microbiocenosis of the animal, which in turn leads to a decrease in the general somatic and immune status, an increase in morbidity, a decrease in productivity and product quality, as well as to the spread of AMR and a decrease in the therapeutic efficacy of antibacterial drugs (ABD) [6, Pp. 9, 12], [10, P. 1], [11, Pp. 49–50]. The most common representatives of opportunistic microbiocenoses at livestock enterprises are enterococci, *Pseudomonas aeruginosa*, staphylococci, streptococci, *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Proteus*, which cause a large number of purulent-septic

processes in animals with low immune status [8], [11, P. 48], [12], [13, P. 37], [9, P. 207]. The danger of these microorganisms is due to their high adaptive potential, genetic flexibility, the ability to quickly develop resistance to antimicrobial drugs [14, Pp. 210–212], [15, P. 129], [16, P. 791], [17, Pp. 30–32]. The number of cases of detection of multi-resistant strains of *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *E. faecium* is growing every year both in the field of public health and in animal husbandry and veterinary medicine around the world [18, P. 642], [10, P. 1], [19, P. 173], [14, P. 210]. Uncontrolled, unsystematic, unjustified use of antibacterial drugs for prophylaxis and therapy in animals, especially in those with immunodeficiencies of various origins, in patients, newborns, young animals, inevitably leads to a decrease in the sensitivity of the strains that make up the permanent core of microbiocenosis [13, P. 36], [20, Pp. 312–323], [17, Pp. 30–34].

As part of the work to prevent the spread of microbial resistance on livestock facilities in the Ural region, screening studies of microbiocenoses of commercial dairy farms (CDF) and pig breeding enterprises are required, which will make it possible to assess the key characteristics of opportunistic microflora, its sensitivity to antibiotics of various classes, identify episodes of resistance and analyze possible routes of spread resistant strains of microorganisms inside livestock facilities. In this regard, it seems relevant to develop a method for compiling a passport of resistance for dairy farms, including a study of the structure of opportunistic microbiocenoses, an assessment of the sensitivity of strains to antibiotics, and an analysis of the data obtained.

The purpose of the research was to develop a passport for the resistance of a dairy farm. To achieve this goal, the following tasks were implemented: development of an optimal method for studying the structure of opportunistic microbiocenoses of CDF; study of sensitivity to antibiotics and selection of the most effective screening tactics; selection of the optimal method for processing the obtained data, which most fully reflects the AMR pattern at the facility with the least resource intensity.

Methods

We investigated the opportunistic microflora of commercial dairy farms in the Ural region, the composition of the microbiocenosis, the frequency of occurrence of individual strains of microorganisms, and were determined their sensitivity to antibiotics. Samples were taken at livestock technological facilities of farms - in dairy cattle departments, maternity wards, calves, manure storage facilities, milking parlors. For microbiological analysis, washings were performed from mucous membranes, wool cover, from the udder of cows and calves, washings from equipment, feeders, drinkers, fences, surfaces, cattle care equipment; samples were taken of litter, manure, drinking water, feed components and finished feed mixture, air. At each technological site, were chosen from 10 to 60 samples. There was determined the total microbial number, was isolated a clean line, were identified microorganisms, their pathogenicity and sensitivity to antibiotics were determined by the disc diffusion method and by the method of serial dilutions according to standard methods [21]. The results obtained in the course of the research were analyzed by the methods of mathematical statistics in the STATISTICA 10 program with

the calculation of the mean value, standard deviation, checking the normality using the Shapiro-Wilk test, assessing significant differences between the groups according to various indicators by ANOVA methods, and the Mann-Whitney test. The data obtained were used to develop and compile a passport for microbial resistance. The research is executed at the expense of a grant of the RSF (project No.18-16-00040).

Results

At the first stage, were carried out studies of the structure of microbiocenoses, were determined typical representatives of opportunistic microflora, and strains of microorganisms were analyzed according to the frequency of occurrence in samples. It was found that on the examined dairy farms of the Ural region, the generic and species composition of the microflora was relatively the same, but the structure of the microbiocenosis and the frequency of occurrence of individual strains varied depending on the enterprise and the technological site. Typical representatives of pathogenic and conditionally pathogenic microflora on CDF were: *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus durans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus miraculum epidermidis*, *Staphylococcus miraculum*, *Proteobacterus saprophilis*, *Enterococcus saprophilis*, *Enterococcus sulphate*, *Enterococcus saprophilis*, *Enterococci farmeri*, *Klebsiella* spp., a significant amount of *Candida albicans*, *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. were also found in the samples. When analyzing the frequency of occurrence of microorganisms, the number of samples positive for a specific microorganism from each object was determined. The most common microorganisms in the samples were *Enterococcus faecium* (85 % – 100 % of samples depending on the object), *Staphylococcus aureus* (65 % – 75 % of samples), *P. aeruginosa* (in 50 % – 70 % of samples), *Ent. faecalis* (more than 40 % – 65 % of samples). Among the representatives of the fungal microflora, *Aspergillus* spp. and *Candida albicans*, which were plated from more than 75 % and 55 %, respectively. *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Bacillus subtilis* were found in the samples least often. Their frequency of occurrence was on average less than 4 %. Separate, single microorganisms found on objects – *Ent. durans*, *S. pneumonia*, *K. pneumoniae*, *C.*

freundii, *C. diversus*, etc. were not taken into account in the general structure of microbiocenosis, since the total frequency of their occurrence was less than 0.2–0.5 %. The structure of the opportunistic microbiocenosis was analyzed for each technological object, for which the proportion of each microorganism from the total number isolated at this object was calculated. Separate calculations were performed for pathogenic and potentially pathogenic microorganisms (fig. 1).

There was carried out a comparative analysis of the structure of the microbiocenosis with similar data from the previous year. The dynamics of changes was expressed in a decrease or increase in the proportion of microorganisms. It was found that, in general, the core of the microbiocenosis remained stable, the proportion of *Staphylococcus aureus*, enterococci, *Proteus* changed insignificantly. The share of *Pseudomonas aeruginosa* and yeast was subject to large fluctuations. Also, in a number of enterprises, there was a tendency to a decrease in the share of *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. in samples of air, water, feed, bedding, washings from drinking bowls, feeders, animal hair for two to three years. At these facilities, work was carried out to update the ventilation and water supply systems, and the feed preparation system was modernized. Presumably, these factors influenced the contamination of objects with molds.

Analysis of the microflora of the swabs showed that in the overwhelming majority of samples (more than 93 %) taken from the wool cover of cows, the same strains were found and with the same frequency as in swabs taken from fences and surfaces of livestock buildings. A similar similarity was found for samples of litter and coat of newborn calves in the maternity ward, for washings from rags for washing cows, washings from the udder and glasses of the milking machine. This fact testifies to constant contact seeding, and in the case of antibiotic-resistant pathogenic strains, it may be one of the mechanisms of the spread of resistance. *Proteus* strains). Thus, vancomycin-resistant *Ent* strains were detected on the examined CDFs. *faecium* and multi-resistant *P. aeruginosa* strains with the same antibiotic susceptibility profile in litter samples, swabs from the genital tract of cows from maternity wards, and swabs from the mucous membranes of the mouth and nose of calves. Since the seeding of a newborn calves with strains

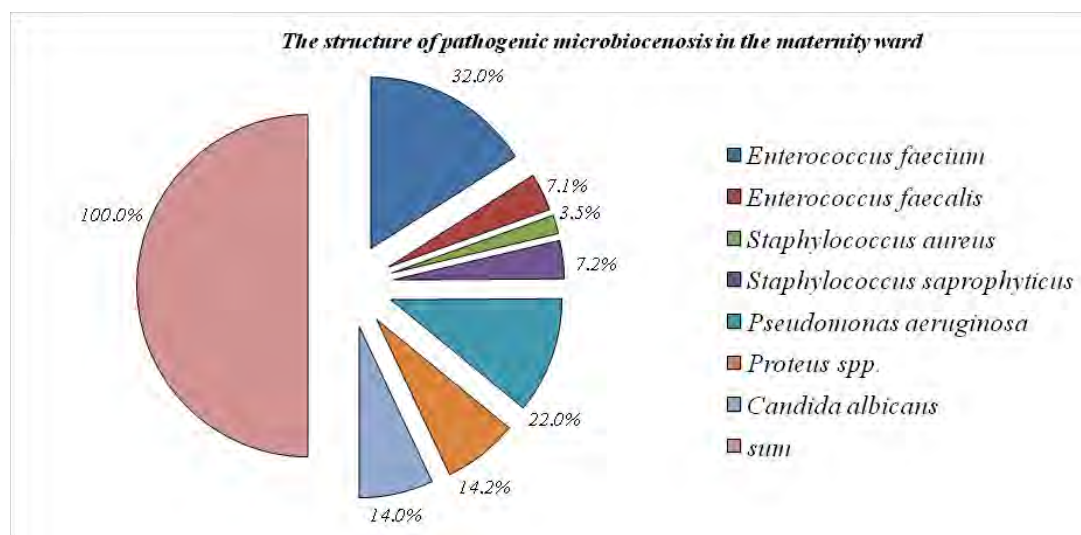


Fig. 1. The structure of pathogenic microbiocenosis in the maternity ward of the CDF

of opportunistic microflora occurred when it came into contact with the litter, surfaces in the maternity ward. When resistant strains circulate in maternity wards, the risk of contamination of calves with them increases, which, in turn, may lead to an increase in morbidity and low effectiveness of antibiotic therapy in these groups of animals. In general, *P. aeruginosa*, *S. aureus* and *Ent* strains prevailed in the maternity wards of the surveyed farms. *faecium*, in dairy cow compartments – *E. coli*, *Ent. faecalis*, *S. epidermidis*, *S. saprophyticus* and *Proteus* (in 86–90 % of cases, *P. vulgaris*, and *P. mirabilis* averaged 10–14 % of the isolated proteus strains).

At the second stage of the research, there was analyzed the sensitivity of all isolated strains to antibiotics. Antibiotics were selected from those that were most frequently used on farms over the previous three years: rifampicin (ansamycins), meropenem (carbapenems), ampicillin, amoxicillin (semisynthetic penicillins), cefazolin (generation I cephalosporin), enrofloxacin (fluoroquinolones III) (macrolides), tetracycline (tetracyclines), vancomycin (glycopeptides). The obtained results were analyzed and was calculated the total sensitivity of the isolated strains to each antibiotic (fig. 2), as well as the

total sensitivity of the main pathogenic strains to antibiotics (fig. 3).

In addition, a separate analysis was performed for all episodes of detection of resistant strains. In the microbial resistance passport of the enterprise, these data were included in the form of a table indicating the strain of the microorganism, the place of its detection (sampling), the antibiotic to which resistance was detected and antibiotics to which the maximum sensitivity was revealed for this strain.

To predict the effectiveness of antibacterial drugs at a specific technological site (maternity ward, a group of calves, heifers, dairy cattle, etc.), the sensitivity analysis of the strains found at the facility was carried out according to the system of criteria developed by us and the assessment in points. The criteria were the effectiveness of the antibiotic against the target microorganism, the effectiveness against the non-target microorganism in vitro, the degree of growth inhibition, the minimum inhibitory concentration. The results were statistically processed with the calculation of trends and analyzed the estimated efficacy of the drug against the main pathogenic microorganisms (fig. 4).

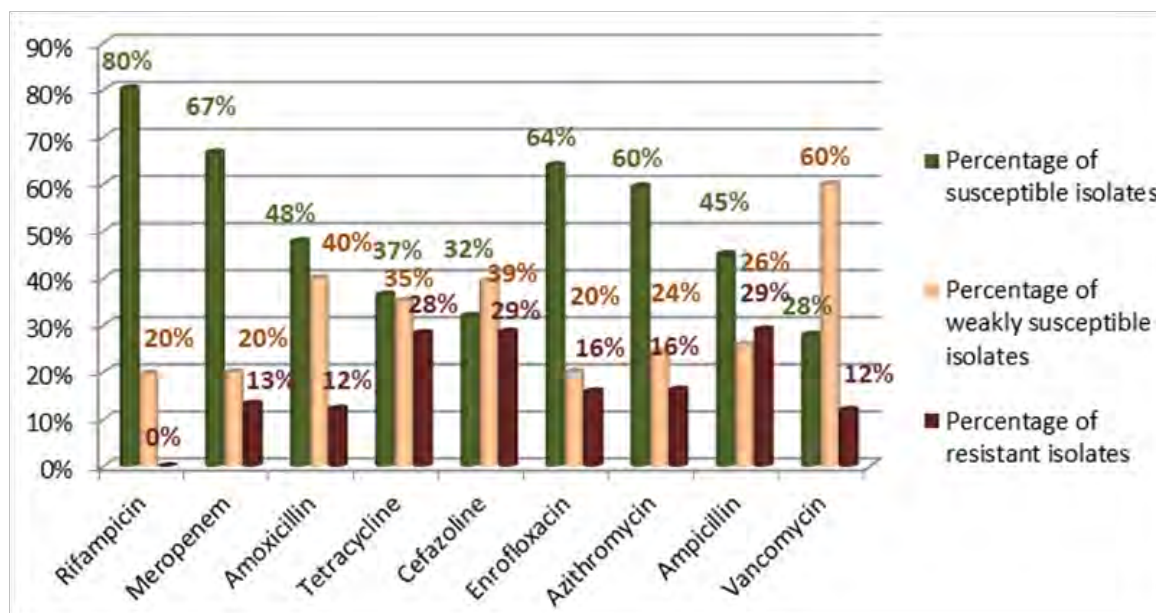


Fig. 2. Antibiotic sensitivity of all isolated strains in 1–2 months old calves section

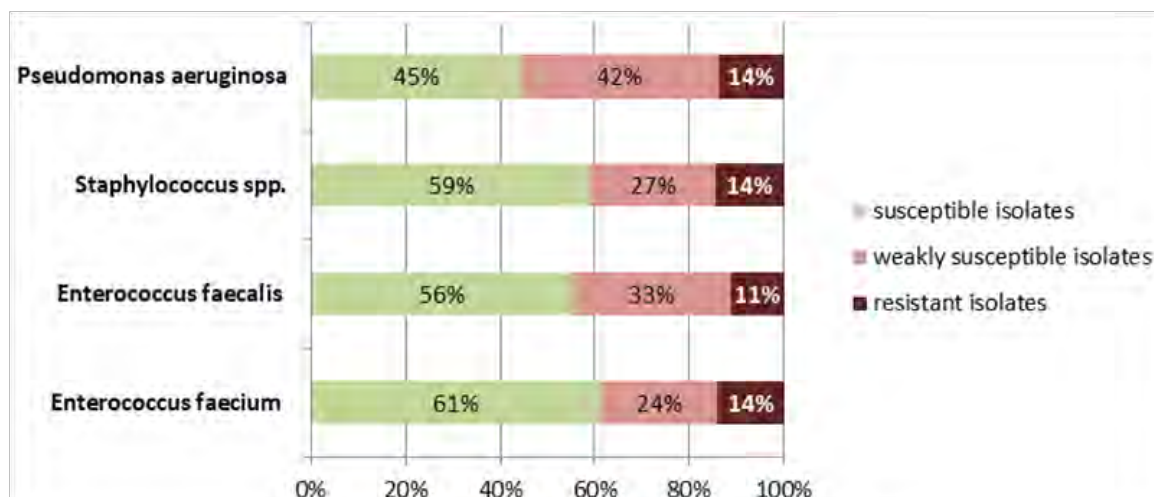


Fig. 3. Total sensitivity of microorganisms to 9 antibiotics in 1–2 months old calves section

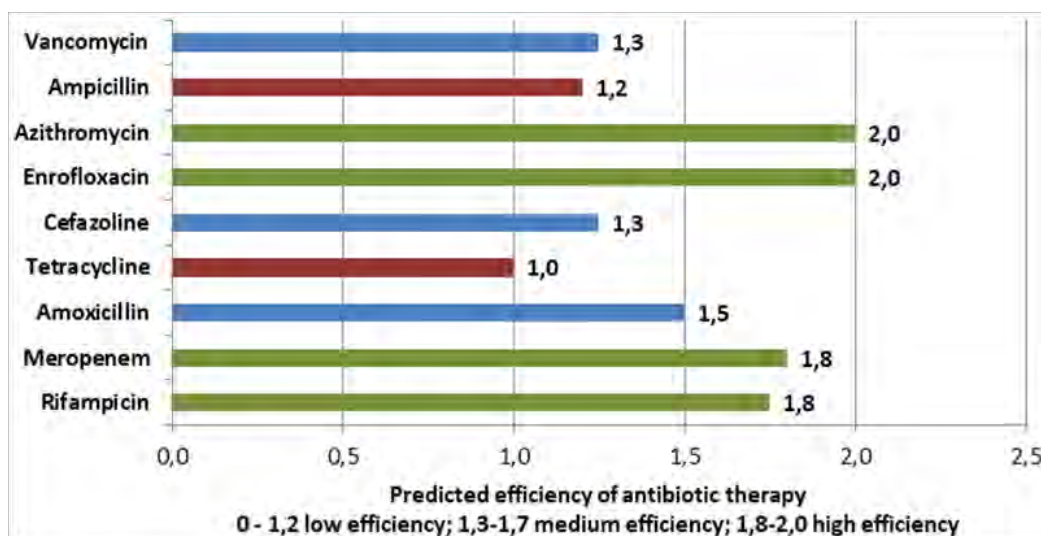


Fig. 4. Predicted antibiotic efficiency against *E. faecium* in the dairy unit on CDF

Discussion and Conclusion

Our studies have shown that the species composition of the nucleus of opportunistic microbiocenosis at various objects of dairy farms remains practically unchanged and is represented mainly by enterococci, staphylococci, *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli*, *Proteus*, mold fungi, yeast. The share of a specific microorganism in the structure of the opportunistic microbiocenosis is variable and depends on the type, purpose and characteristics of the technological site. When compiling a passport of microbial resistance of MTF, it is advisable to examine each site or department, taking into account the constant contact contamination of various objects on the site. When analyzing the antibiotic sensitivity of the isolated strains in conjunction with the analysis of the structure of the opportunistic microbiocenosis and the comparison of resistance profiles, it is possible to predict the spread of resistant strains in the area and a preliminary assessment of the effectiveness of antibiotic therapy. Our proposed algorithm for compiling a passport for microbial resistance of a dairy farm involves a comprehensive

study of the structure of opportunistic microbiocenosis, analysis of the antibiotic sensitivity of strains by the disc diffusion method and a dilution method with an assessment according to four criteria, identification and analysis of all episodes of resistance, calculation of the overall effectiveness of each type of antibiotic against strains found in the department or at the site, calculation of the total sensitivity of the main pathogens to the studied antibiotics, prediction of the effectiveness of antibiotics against microorganisms that make up the core of the opportunistic microbiocenosis.

Our prediction of the effectiveness of antibiotics can be used by CDF specialists to adjust treatment if it is impossible to determine the individual microbial picture with antibiotic sensitivity for each animal, as well as when planning the procurement of antibacterial drugs.

Acknowledgements

The research is executed at the expense of a grant of the RSF (project No. 18-16-00040).

References

1. Global Framework for Development & Stewardship to Combat Antimicrobial Resistance. Draft Roadmap. WHO/EMP/IAU/ 2017.08 (revised 19 October 2017) [Electronic resource]. URL: https://www.who.int/antimicrobial-resistance/global-action-plan/UpdatedRoadmap-Global-Framework-for-Development-Stewardship-to-combatAMR_2017_11_03.pdf?ua=1 (appeal date: 18.06.2019).
2. Order of the Government of the Russian Federation of September 25, 2017 No. 2045-r On the Strategy for preventing the spread of antimicrobial resistance in the Russian Federation for the period up to 2030. Strategy for preventing the spread of antimicrobial resistance in the Russian Federation for the period until 2030. Approved by the order of the Government of the Russian Federation of September 25, 2017 No. 2045-r [Electronic resource]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71677266/#review> (appeal date: 15.06.2019)
3. Global action plan on antimicrobial resistance (Global action plan to combat antimicrobial resistance). SIXTY-EIGHTH WORLD HEALTH ASSEMBLY. WHA68.7. Agenda item 15.1 26 May 2015.). [Electronic resource] URL: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA68/A68_R7-en.pdf?ua=1 (appeal date: 06.18.2019)
4. World Veterinary Association (WVA) Position on Responsible Use of Antimicrobials 2011. [Electronic resource]. URL: http://www.worldvet.org/uploads/docs/007_wva_position_on_antimicrobials_2011.pdf (appeal date: 11.06.2019).
5. Terrestrial Animal Health Code. Chapter 6.10. Responsible and prudent use of antimicrobial agents in veterinary medicine. 2019 © OIE [Electronic resource] URL: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/chapitre_anti-bio_use.pdf (appeal date: 15.06.2019).
6. Kim D. H., Chung Y. S., Park Y. K., Yang S-J., Lim S. K., Park H. Y., Park K. T. Antimicrobial resistance and virulence profiles of *Enterococcus* spp. isolated from horses in Korea // *Clinical Immunology, Microbiology and Infectious Disease*. 2016. No. 48. Pp. 6–13.

7. Tong S. Y., Davis J. S., Eichenberger E., Holland T. L., Fowler V. G. Staphylococcus aureus infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management // *Clinical Microbiology Reviews*. 2015. Vol. 28 (3). Pp. 603–661.
8. Shevchenko A. A., Chernykh O. Yu., Samuilenko A. Ya., Donnik I. M., Grin S. A., Shevchenko L. V., Shevkoplyas V. N., Koschaev A. G., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Krasochko P. A., Motuzko N. S. Diagnostics of infectious diseases of farm animals: bacterial diseases. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilina, 2018. 485 p.
9. Donnik I. M., Bykova O., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Loretts O. G., Baranova A., Musikhina H., Romanova A. Biological safety of cows' milk under the conditions of technogenic agricultural ecosphere when using biologically active substances // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2019. Vol. 10. No. 2. Pp. 203–209.
10. Ventola L. C. The antibiotic resistance crisis. Part I: causes and threats // *Pharmacy and Therapeutics*. 2015. No. 40. Pp. 1–3.
11. Lartseva L. V., Obukhova O. V., Barmin A. N. Environmental and biological danger of resistance of opportunistic microflora to antibiotics (review) // *Russian Journal of Applied Ecology*. 2015. No. 4 (4). Pp. 47–52.
12. Koba I. S., Lysenko A. A., Koshchaev A. G., Shantyz A. K., Donnik I. M., Dorozhkin V. I., Shabunin S. V. Prevention of mastitis in dairy cows on industrial farms // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2018. Vol. 10. No. 10. P. 2582
13. Khan M. F. Brief History of Staphylococcus aureus: A Focus to Antibiotic Resistance // *EC Microbiology*. 2017. No. 5. Pp. 36–39.
14. Wolter D. J., Lister P. D. Mechanisms of β -lactam resistance among *Pseudomonas aeruginosa* // *Current Pharmaceutical Design*. 2013. Vol. 19 (2). Pp. 209–222.
15. Rostami S., Sheikh A. F., Shoja S. Investigating of four main carbapenem-resistance mechanisms in high-level carbapenem resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolated from burn patients // *Journal of the Chinese Medical Association*. 2018. Vol. 81 (2). Pp. 127–132.
16. Seixas R., Varanda D., Bexiga R., Ttavares L., Oliveira M. Biofilm-formation by *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* isolates from subclinical mastitis in conditions mimicking the udder environment // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2015. Vol. 18. No. 4. Pp. 791–792.
17. Ilchenko E. L., Smirnova Yu. A. Study of the resistance of bacteria of the class staphylococcus to broad spectrum antibiotics // In the collection: New tasks of modern medicine: materials of the V International scientific conference. Kazan, 2018. Pp. 28–35.
18. Iweriebor B. C., Obi, L. C., Okoh, A. I. Macrolide, glycopeptide resistance and virulence genes in *Enterococcus* species isolates from dairy cattle // *Journal of Medical Microbiology*. 2016. Vol. 65. Pp. 641–648.
19. Von Wintersdorff, C. J. H., Penders J., van Niekerk J. M., Mills N. D., Majumder S., van Alphen L. B., Savelkoul P. H. M., Wolfs P. F. G. Dissemination of antimicrobial resistance in microbial ecosystems through horizontal gene transfer // *Frontiers in Microbiology*. 2016. Vol. 7. P. 173.
20. Chebotar I. V., Bocharova Yu. A., Mayansky N. A. Mechanisms of *Pseudomonas aeruginosa* resistance to antibiotics and their regulation // *Clinical microbiology and antimicrobial chemotherapy*. 2017. T. 19. No. 4. Pp. 308–331.
21. Clinical recommendations. Determination of the susceptibility of microorganisms to antimicrobials, 2015 [Electronic resource]. URL: <http://www.antibiotic.ru/minzdrav/files/docs/clrec-dsma2018.pdf> (appeal date: 21.06.2019).

Authors' information:

Anna S. Krivonogova¹, doctor of biological sciences, associate professor, leading researcher, ORCID 0000-0003-1918-3030, AuthorID 683239; +7 982 651-29-34

Irina M. Donnik², doctor of biological sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, head of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-8349-3004, AuthorID 313786

Albina G. Isaeva², doctor of biological sciences, professor of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-8395-124, AuthorID 665717; +7 982 872-89-10

Ksenia V. Moiseeva², assistant of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0002-9858-1880, AuthorID 779572; +7 953 047-58-87

¹ Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Поиск полиморфных вариантов гена *LCORL* с помощью секвенирования по Сенгеру у пород кур различного направления продуктивности

Т. А. Ларкина^{1✉}, А. А. Крутикова¹, Г. К. Пегливанян¹, Н. В. Дементьева¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста, Пушкин, Россия

✉ E-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru

Аннотация. Выявлено влияние полиморфных вариантов гена *LCORL* у многих видов сельскохозяйственных животных. Предполагается, что ген *LCORL* ассоциирован с размерами скелета у кур, но еще недостаточно изучен. Поэтому перед нами стоит задача найти новые полиморфные варианты в гене *LCORL* у генофондных пород. **Целью исследования** является поиск и анализ полиморфных вариантов в гене *LCORL* с помощью секвенирования по Сенгеру у пород различного типа продуктивности. **Методология и методы.** Исследования проводили на базе лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ. Объектом эксперимента служили популяции 4 пород кур разного направления продуктивности биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (г. Пушкин, Санкт-Петербург): корниш, китайская шелковая, итальянская куропатчатая, пушкинская. **Материалом** для исследования послужил 61 образец ДНК, амплификацию проводили на приборе Thermal Cycler T100 (Bio-Rad, США). Последовательности нуклеотидов определяли на автоматическом секвенаторе Applied Biosystems 3500 (Thermo Fisher Scientific Inc., США) в лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ. Для секвенирования использовали набор реагентов Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, США). Биометрическая обработка данных выполнена с помощью программы Microsoft Excel. **Результаты.** В проведенном исследовании выявлена генетическая изменчивость по полиморфным вариантам A30G, G82C, G236T, A342G, A450C, A503G, A508G в интроне гена *LCORL* популяций кур различного направления продуктивности. Полученные результаты позволяют предположить, что полиморфный вариант A30G гена *LCORL* можно рассматривать в качестве ДНК-маркера признака «размеры скелета» у кур.

Ключевые слова: ген, *LCORL*, секвенирование, полиморфный вариант, курица.

Для цитирования: Ларкина Т. А., Крутикова А. А., Пегливанян Г. К., Дементьева Н. В. Поиск полиморфных вариантов гена *LCORL* с помощью секвенирования по Сенгеру у пород кур различного направления продуктивности // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 48–54. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-48-54.

Дата поступления статьи: 18.06.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Эффективная селекционно-племенная работа с опытными популяциями кур основывается на изучение полиморфизма ДНК, его связи с хозяйственно ценными признаками [1, с. 270]. Под влиянием MAS-селекции (marker-assisted selection) и факторов внешней среды формировались экстерьерные особенности птицы. Экстерьер является внешним выражением конституции [2, с. 997].

Стремительно развивающиеся технологии секвенирования создали возможность определения нуклеотидной последовательности ДНК, находить эффективные SNPs, влияющие на хозяйственно полезные признаки птиц. В каждом из целевых генов может быть выявлено несколько полиморфных вариантов. Изучение двух и более полиморфизмов в пределах одного гена представляет интерес с точки зрения их наследования, аддитивного влияния на признак [3, с. 24].

Ген *LCORL* находится на 4 хромосоме у курицы и, возможно, участвует в формировании экстерьерных призна-

ков, он кодирует лиганд-зависимый ядерный корепрессор [4, с. 524], который является транскрипционным фактором. Обнаруженные SNPs в этом гене связаны с размерами скелета и высотой в холке животного, а также *LCORL* влияет на развитие мышц в эмбриогенезе. Кроме того, обнаружено влияние этого гена на рост человека [5, с. 6372]. SNPs в *LCORL* ассоциированы с размером скелета у различных пород овец [6, с. 514], [7, с. 66], [8, с. 9], свиней [9, с. 224], собак [10, с. 223094], лошадей [11, с. 2], [12, с. 1005], кур [13, с. 669], коз [14, с. 168] и крупного рогатого скота [15, с. 68]. Результаты RT-PCR показали высокий уровень экспрессии гена *LCORL* в таких органах, как сердце, печень, селезенка, легкое, почка, рубец, двенадцатиперстная кишка, мозг (гипоталамус, гипофиз) и мышечной и жировой тканях [16, с. 720].

Целью исследования является поиск и анализ полиморфных вариантов гена *LCORL* с помощью секвенирования по Сенгеру у пород корниш, китайская шелковая, итальянская куропатчатая, пушкинская.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на базе лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ. Объектом эксперимента служили популяции 4 пород кур разного направления продуктивности (таблица 1) биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (г. Пушкин, Санкт-Петербург).

Материалом для исследования послужил 61 образец ДНК, выделенный из форменных элементов крови методом фенол-хлороформной экстракции. Амплификацию проводили на приборе Thermal Cycler T100 (Bio-Rad, США). Дизайн праймеров осуществляли в информационной сфере NCBI с помощью online-инструмента BLAST. Последовательность праймеров (ООО «Бигль», Санкт-

Петербург), условия амплификации и длина полученного ампликона приведены в таблице 2.

Последовательности нуклеотидов определяли на автоматическом секвенаторе Applied Biosystems 3500 (Thermo Fisher Scientific Inc., США) в лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ. Для секвенирования использовали набор реагентов Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, США) с теми же праймерами, с которыми проводилась амплификация. Секвенирование проводили согласно протоколу производителя. Для выравнивания нуклеотидных последовательностей использовали программный пакет MEGA 6.06 (<https://www.megasoftware.net>). Биометрическая обработка данных выполнена с помощью программы Microsoft Excel.

Таблица 1
Характеристика материала для исследования

Направление продуктивности	№ популяции	Поголовье, голов	Порода	Тип конституции
Мясное	1	15	Корниш	Нежная рыхлая
Мясо-яичное	2	19	Пушкинская	Промежуточное положение между плотной и рыхлой
Яичное	3	13	Итальянская куропатчатая	Плотная
Декоративное	4	14	Китайская шелковая	Нежная

Table 1
Characterization of material for research

Productivity direction	Population number	Livestock, heads	Breed	Constitution type
Meat	1	15	Kornish	Soft loose
Meat and egg	2	19	Pushkinskaya	Intermediate position between dense and loose
Egg	3	13	Ital'yanskaya kuropatchataya	Dense
Decorative	4	14	Kitayskaya shelkovaya	Soft

Таблица 2
Условия проведения ПЦР

Ген	Праймеры	Локализация изучаемого района гена (https://www.ensembl.org)	Режим амплификации	Ампликон
LCORL	F: GACTACAGCCCTTGGAGAGC RV: AGCAGGGCAGAAGGGAAAAA	75849344-75849874	95 °C – 5 мин. 35 циклов: 95 °C – 30 с, 60 °C – 30 с, 72 °C – 30 с 72 °C – 10 мин.	531 п. о.

Table 2
PCR conditions

Gene	Primers	Localization of the studied gene region (https://www.ensembl.org)	Amplification mode	Amplicon
LCORL	F: GACTACAGCCCTTGGAGAGC RV: AGCAGGGCAGAAGGGAAAAA	75849344-75849874	95 °C 5 min. 35 cycles: 95 °C – 30 s, 60 °C – 30 s, 72 °C – 30 s, 72 °C – 10 min.	531 b. p.

Результаты (Results)

Первичная структура фрагмента гена *LCORL* длиной 531 пн определена у 61 курицы пород корниш, китайская шелковая, итальянская куропатчатая, пушкинская. При их сравнении было выявлено 7 вариабельных сайтов (1,3 % от общей длины фрагмента). Транзиции встречаются в 57 % опытной выборки кур в позициях A30G, A342G, A503G, A508G. Трансверсии – соответственно у 43 % особей в позициях G82C, G236T, A450C (таблицы 3, 4, 5). Отношение транзиции к трансверсии в суммарной выборке оказалось равным 1,3.

По замене A30G все особи популяции итальянской куропатчатой – носители аллеля G. В пушкинской породе наблюдается равномерное распределение частот аллелей A (0,5) и G (0,5). Частота аллеля A в породе корниш – 0,87. Среди кур китайской шелковой отмечается высокая частота аллеля G (0,78), а частота аллеля A составляет 0,22. Оценка достоверности полученных данных проводилась с применением критерия χ^2 Пирсона. В популяциях кур корниш ($\chi^2 = 26,4$), пушкинская ($\chi^2 = 4,25$) и китайская шелковая ($\chi^2 = 5,25$) наблюдалось смещение генетического равновесия в связи с сильным селекционным давлением в породах. В дальнейших исследованиях нужно увеличить выборку в породах и провести более детальный анализ частот генотипов и аллелей по заменам гена *LCORL*.

По полиморфному сайту G82C высокая частота аллеля C наблюдается в породах корниш (0,80; $\chi^2 = 15,0$), пушкинская (0,58; $\chi^2 = 11,68$), китайская шелковая (0,93; $\chi^2 = 2,17$). Стоит отметить, что в опытной популяции кур породы китайская шелковая значения χ^2 не превысили критического значения 3,84. Таким образом, не наблюдалось достоверной разницы между показателями наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности (таблица 3).

Согласно данным таблицы 4, все куры пород корниш, пушкинская и итальянская куропатчатая – носители аллеля G по замене G236T. В популяции китайской шелковой – распределение аллелей G (0,46) и T (0,54). Вариация распределения аллеля A по замене A342G – в популяциях кур от 0 до 1,0 (таблица 4).

Аллель G встречается у 100 % особей популяции китайская шелковая и не встречается вообще в популяции кур итальянская куропатчатая. В выборке кур породы корниш частота аллеля A (0,87) – A450C, G (0,70) – A503G, G (0,93) – A508G. В пушкинской популяции частота аллелей A (0,63), G (0,68), G (0,82) по полиморфным сайтам – A450C, A503G, A508G соответственно. В итальянской куропатчатой породе все особи – носители мономорфного аллеля по заменам A450C, A503G, A508G. Выявлен у кур китайской породы мономорфный аллель C по замене A450C и G по A508G (таблица 5).

Таблица 3
Генетическая гетерогенность популяций кур биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ по заменам A30G и G82C гена *LCORL*

№	Поголовье, голов	Порода	SNPs <i>LCORL</i>											
			A30G			χ^2	Частота аллелей A30G		G82C			χ^2	Частота аллелей G82C	
							A	G	GG	GC	CC		G	C
Частота генотипов			AA	AG	GG		A	G	GG	GC	CC		G	C
1	15	Корниш	0,87	0	0,13	26,4	0,87	0,13	0,20	0	0,80	15,0	0,20	0,80
2	19	Пушкинская	0,37	0,26	0,37	4,25	0,50	0,50	0,36	0,11	0,53	11,68	0,42	0,58
3	13	Итальянская куропатчатая	0	0	1,00	0	0	1,00	0,85	0	0,15	15,4	0,84	0,16
4	14	Китайская шелковая	0,14	0,14	0,72	5,25	0,22	0,78	0,07	0	0,93	2,17	0,07	0,93

Table 3
Genetic heterogeneity of chicken populations of the All-Russian Research Institute of Genetics And Culture of Agricultural Animals bioresource collection by substituting A30G and G82C of the *LCORL* gene

Number	Livestock, heads	Breed	SNPs <i>LCORL</i>											
			A30G			χ^2	Allele frequency A30G		G82C			χ^2	Allele frequency G82C	
			AA	AG	GG		A	G	GG	GC	CC		G	C
Genotype frequency														
1	15	Kornish	0.87	0	0.13	26.4	0.87	0.13	0.20	0	0.80	15.0	0.20	0.80
2	19	Pushkinskaya	0.37	0.26	0.37	4.25	0.50	0.50	0.36	0.11	0.53	11.68	0.42	0.58
3	13	Ital'yanskaya kuropatchataya	0	0	1.00	0	0	1.00	0.85	0	0.15	15.4	0.84	0.16
4	14	Kitayskaya shelkovaya	0.14	0.14	0.72	5.25	0.22	0.78	0.07	0	0.93	2.17	0.07	0.93

Таблица 4
Генетическая гетерогенность популяций кур биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ по заменам G236T и A342G гена LCORL

№	Поголовье, голов	Порода	SNPs <i>LCORL</i>											
			G236T			χ^2	Частота аллелей G236T		A342G			χ^2	Частота аллелей A342G	
							G	T	AA	AG	GG		A	G
Частота генотипов			GG	GT	TT		G	T	AA	AG	GG		A	G
1	15	Корниш	1,00	0	0	0	1,00	0	0	0,13	0,87	0,37	0,07	0,93
2	19	Пушкинская	1,00	0	0	0	1,00	0	0	0,37	0,63	5,67	0,19	0,81
3	13	Итальянская куропатчатая	1,00	0	0	0	1,00	0	1,00	0	0	0	1,00	0
4	14	Китайская шелковая	0,28	0,36	0,36	1,16	0,46	0,54	0	0	1,00	0	0	1,00

Table 4

Genetic heterogeneity of chicken populations of the All-Russian Research Institute of Genetics And Culture of Agricultural Animals bioresource collection by substituting G236T and A342G of the LCORL gene

Number	Livestock, heads	Breed	SNPs LCORL											
			G236T			χ^2	Allele frequency G236T		A342G			χ^2	Allele frequency A342G	
							G	T	AA	AG	GG		A	G
Genotype frequency			GG	GT	TT		G	T	AA	AG	GG		A	G
1	15	Kornish	1.00	0	0	0	1.00	0	0	0.13	0.87	0.37	0.07	0.93
2	19	Pushkinskaya	1.00	0	0	0	1.00	0	0	0.37	0.63	5.67	0.19	0.81
3	13	Ital'yanskaya kuropatchataya	1.00	0	0	0	1.00	0	1.00	0	0	0	1.00	0
4	14	Kitayskaya shelkovaya	0.28	0.36	0.36	1.16	0.46	0.54	0	0	1.00	0	0	1.00

Таблица 5

Генетическая гетерогенность популяций кур биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ по заменам A450C, A503G и A342G гена LCORL

Поголовье, голов	Порода	SNPs <i>LCORL</i>																	
		А 450 С			χ^2	Частота аллелей А 450 С		А 503 G			χ^2	Частота аллелей А 503 G		А 508 G			χ^2	Частота аллелей А 508 G	
Частота генотипов	АА	АС	СС		А	С	АА	AG	GG		А	G	АА	AG	GG		А	G	
15	Корниш	0,87	0	0,13	26,4	0,87	0,13	0,20	0,20	0,60	4,07	0,30	0,70	0	0,13	0,87	0,37	0,07	0,93
19	Пушкинская	0,63	0	0,37	18,36	0,63	0,37	0,05	0,53	0,42	0,90	0,32	0,68	0,05	0,26	0,69	0,11	0,18	0,82
13	Итальянская куропатчатая	0	0	1,00	0	0	1,00	1,00	0	0	0	1,00	0	1,00	0	0	0	1,00	0
14	Китайская шелковая	1,00	0	0	0	0	1,00	0,43	0,43	0,14	0,05	0,69	0,31	0	0	1,00	0	0	1,00

Table 5

Genetic heterogeneity of chicken populations of the All-Russian Research Institute of Genetics And Culture of Agricultural Animals bioresource collection by substitutions A450C, A503G and A342G of the LCORL gene

Livestock, heads	Breed	SNPs LCORL																	
		A450C			χ^2	Allele frequency A 450 C		A503G			χ^2	Allele frequency A 503 G		A508G			χ^2	Allele frequency A 508 G	
		AA	AC	CC		A	C	AA	AG	GG		A	G	AA	AG	GG		A	G
Genotype frequency		AA	AC	CC		A	C	AA	AG	GG		A	G	AA	AG	GG		A	G
15	Kornish	0.87	0	0.13	26.4	0.87	0.13	0.20	0.20	0.60	4.07	0.30	0.70	0	0.13	0.87	0.37	0.07	0.93
19	Pushkinskaya	0.63	0	0.37	18.36	0.63	0.37	0.05	0.53	0.42	0.90	0.32	0.68	0.05	0.26	0.69	0.11	0.18	0.82
13	Ital'yanskaya kuropatchataya	0	0	1.00	0	0	1.00	1.00	0	0	0	1.00	0	1.00	0	0	0	1.00	0
14	Kitayskaya shelkovaya	1.00	0	0	0	0	1.00	0.43	0.43	0.14	0.05	0.69	0.31	0	0	1.00	0	0	1.00

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В проведенном исследовании выявлена генетическая изменчивость по полиморфным вариантам A30G, G82C, G236T, A342G, A450C, A503G, A508G в интроне гена *LCORL* популяций кур различного направления продуктивности. В 2019 году группой ученых проведено полногеномное SNP-сканирование по чипу 600 K, Affymetrix и выявлено 811 полиморфных вариантов в интронах гена *LCORL*, ассоциированных с размерами внутренних органов у цыплят бройлеров, а именно доказаны достоверные различия по длине кишечника между опытными группами [13, с. 669]. Ранее нами было выявлено ассоциации rs15619223 в гене *LCORL* с живой массой у русской белой породы кур с помощью чипа Illumina 60K Bead Chip [1, с. 270].

По частотам встречаемости изученных замен, в 70 % случаев выявлено отклонение наблюдаемого распределения частот генотипов от ожидаемого по Харди – Вайнбергу. Это связано с невысокой численностью выборки и жестким селекционным давлением в изучаемых популяциях кур.

Этот район гена *LCORL* отличается высокой вариабельностью. Популяции мономорфные по замене G236T

аллеля G являются корниш, пушкинская, итальянская куропатчатая. По замене A342G итальянская куропатчатая мономорфна по аллелю A, а китайская шелковая по аллелю G. В корниш и пушкинской популяциях аллель A не встречается.

Итальянская куропатчатая мономорфна по заменам A450C, A503G и A508G аллели C, A, A соответственно. Эти полиморфные варианты представляют интерес для дальнейших исследований, так как могут выступать в качестве эффективных ДНК-маркеров, определяющие породоспецифичность популяций.

По замене A30G в популяции корниш 87 % особей выборки носители генотипа AA. И совсем противоположная ситуация в породах итальянская куропатчатая, там все особи – носители генотипа GG, а в китайской шелковой популяции 72 % особей – носители GG. Эти породы значительно отличаются по экстерьерному профилю, таким образом представляет интерес изучение частоты встречаемости замены A30G. Полученные результаты позволяют предположить, что полиморфный вариант A30G гена *LCORL* можно рассматривать в качестве ДНК-маркера признака «размеры скелета» у кур.

Библиографический список

1. Kudinov A., Dementieva N., Mitrofanova O., Stanishevskaya O., Fedorova E., Larkina T., Mishina A., Plemiyashov K., Griffin D., Romanov M. Genome-wide association studies targeting the yield of extraembryonic fluid and production traits in Russian White chickens // BMC Genomics. 2019. Vol. 20. No. 1. P. 270. DOI: 10.1186/s12864-019-5605-5.
2. Дементьева Н. В., Вахрамеев А. Б., Ларкина Т. А., Митрофанова О. В. Эффективность использования SNP-маркеров в гене *MSTN* в селекции кур пушкинской породы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 8. С. 993–998. DOI 10.18699/VJ19.575.
3. Шулика Л. В., Кулибаба Р. А. Особенности распределения гаплотипов в локусе инсулина в популяциях кур комбинированного направления продуктивности // Животноводство и ветеринарная медицина. 2019. № 1. С. 24–26.
4. Sangang H., Jiang D., Bing H., Lei C., Mingjun L., Wenrong L. Genome-Wide Scan for Runs of Homozygosity Identifies Candidate Genes Related to Economically Important Traits in Chinese Merino // Animals (Basel). 2020 Vol. 10. No. 3. P. 524. DOI: 10.3390/ani10030524.
5. Ying-Ju L., Wen-Ling L., Chung-Hsing W., Li-Ping T., Chih-Hsin T., Chien-Hsiun C., Jer-Yuarn W., Wen-Miin L., Ai-Ru H., Chi-Fung C., Jin-Hua C., Wen-Kuei C., Ting-Hsu L., Chia-Ming W., Chiu-Chu L., Shao-Mei H., Fuu-Jen T. Association of Human Height-Related Genetic Variants With Familial Short Stature in Han Chinese in Taiwan // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 6372. DOI: 10.1038/s41598-017-06766-z.
6. Signer-Hasler H., Burren A., Ammann P., Drögemüller C., Flury C. Runs of homozygosity and signatures of selection: a comparison among eight local Swiss sheep breeds // Animal Genetics. 2019. Vol. 50. No. 5. Pp. 512–525. DOI: 10.1111 / age.12828.
7. Al-Mamun H., Kwan P., Clark S., Ferdosi M., Tellam R., Gondro C. Genome-wide association study of body weight in Australian Merino sheep reveals an orthologous region on OAR6 to human and bovine genomic regions affecting height and weight // Genetics Selection Evolution. 2015. Vol. 47. No. 1. P. 66. DOI: 10.1186/s12711-015-0142-4.
8. Ruiz-Larranaga O., Langa J., Rendo F., Manzano C., Iriando M., Estonba A. Genomic selection signatures in sheep from the Western Pyrenees // Genetics Selection Evolution. 2018. Vol. 50. No. 1. Pp. 9. DOI: 10.1186/s12711-018-0378-x.
9. Schiavo G., Bertolini F., Galimberti G., Bovo S., Dall'olio S., Nanni Costa L., Gallo M., Fontanesi L. A machine learning approach for the identification of population-informative markers from high-throughput genotyping data: application to several pig breeds // Animal. 2020. Vol. 14. No. 2. Pp. 223–232. DOI: 10.1017/S1751731119002167.
10. Healey E., Murphy R., Hayward J., Castelhana M., Boyko A., Hayashi K., Krotscheck U., Todhunter R. Genetic mapping of distal femoral, stifle, and tibial radiographic morphology in dogs with cranial cruciate ligament disease // Public Library of Science. 2019. Vol. 14. No. 10. P. 223094. DOI: 10.1371/journal.pone.0223094.
11. Bai H., Lu H., Wang L., Wang S., Zeng W., Zhang T. SNPs Analysis of Height Traits in Ningqiang Pony // Animal Biotechnology. 2020. Vol. 24. Pp. 1–7. DOI: 10.1080/10495398.2020.1728288.
12. Ablondi M., Dadousis C., Vasini M., Eriksson S., Mikko S., Sabbioni A. Genetic Diversity and Signatures of Selection in a Native Italian Horse Breed Based on SNP Data // Animals (Basel). 2020. Vol. 10. No. 6. P. 1005. DOI: 10.3390/ani10061005.
13. Moreira G., Salvian M., Boschiero C., Cesar A., Reecy J., Godoy T., Ledur M., Garrick D., Mourão G., Coutinho L. Genome-wide Association Scan for QTL and Their Positional Candidate Genes Associated With Internal Organ Traits in Chickens // BMC Genomics. 2019. Vol. 20. No. 1. P. 669. DOI: 10.1186/s12864-019-6040-3.

14. Saif R., Henkel J., Jagannathan V., Drögemüller C., Flury C., Leeb T. The *LCORL* Locus Is Under Selection in Large-Sized Pakistani Goat Breeds // *Genes* (Basel). 2020. Vol. 11. No. 2. P. 168. DOI: 10.3390/genes11020168.
15. Chen Q., Huang B., Zhan J., Wang J., Qu K., Zhang F., Shen J., Jia P., Ning Q., Zhang J., Chen N., Chen H., Lei C. Whole-genome Analyses Identify Loci and Selective Signals Associated With Body Size in Cattle // *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98. No. 3. DOI: 10.1093/jas/skaa068.
16. Purfield D., Evans R., Berry D. Reaffirmation of Known Major Genes and the Identification of Novel Candidate Genes Associated With Carcass-Related Metrics Based on Whole Genome Sequence Within a Large Multi-Breed Cattle Population // *BMC Genomics*. 2019. Vol. 20. No. 1. P. 720. DOI: 10.1186/s12864-019-6071-9.

Об авторах:

Татьяна Александровна Ларкина¹, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, ORCID 0000-0002-7764-1338, AuthorID 813159; +7 904 60-50-882, tanya.larkina2015@yandex.ru
 Анна Алексеевна Крутикова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, ORCID 0000-0003-2561-145X, AuthorID 808826; +7 921 87-60-419, anntim2575@mail.ru
 Григорий Карапетович Пегливанян¹, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, ORCID 0000-0001-5194-4851, AuthorID 1044054; +7 981 765-21-81, peglivanian_grig@mail.ru
 Наталия Викторовна Дементьева¹, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией молекулярной генетики, ORCID 0000-0003-0210-9344, AuthorID 213794; +7 921 74-30-743, dementevan@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста, Пушкин, Россия

Search for polymorphic variants of the *LCORL* gene using Sanger sequencing in chickens of various directions of productivity

T. A. Larkina[✉], A. A. Krutikova¹, G. K. Peglivanyan¹, N. V. Dementieva¹

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals – a Branch of the Federal Scientific Center for Livestock –

All-Russian Institute of Livestock named after academician L. K. Ernst, Pushkin, Russia

[✉]E-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru

Abstract. The effect of polymorphic variants of the *LCORL* gene in many species of farm animals was revealed. It is believed that the *LCORL* gene is associated with skeleton sizes in chickens, but has not yet been adequately studied. Therefore, we are faced with the task of finding new polymorphic variants in the *LCORL* gene in gene pool breeds. **The aim of the work** is to search for and analyze polymorphic variants in the *LCORL* gene using Sanger sequencing in breeds of various types of productivity. **Methodology and methods.** The studies were carried out on the basis of the laboratory of molecular genetics of All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals. The object of the experiment was populations of 4 breeds of chickens of different directions in productivity of the All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals Biological Resource Collection “Genetic Collection of Rare and Endangered Breeds of Chickens” (Pushkin, St. Petersburg): Kornish, Kitayskaya shelkovaya, Ital’yanskaya kuropatchataya, Pushkinskaya. 61 DNA samples served as the material for the study. amplification was performed on a Thermal Cycler T100 instrument (Bio-Rad, USA). Nucleotide sequences were determined on an Applied Biosystems 3500 automated sequencer (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) at the All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals Laboratory of Molecular Genetics. The Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, USA) was used for sequencing. Biometric data processing was performed using Microsoft Excel. **Results.** The study revealed genetic variation in polymorphic variants A30G, G82C, G236T, A342G, A450C, A503G, A508G in the intron of the *LCORL* gene of chicken populations of different directions of productivity. The results suggest that the polymorphic A30G variant of the *LCORL* gene can be considered as a DNA marker for the sign of “skeleton size” in chickens.

Keywords: gene, *LCORL*, sequencing, polymorphic variant, chicken.

For citation: Larkina T. A., Krutikova A. A., Peglivanyan G. K., Dementieva N. V. Poisk polimorfnykh variantov gena *LCORL* s pomoshch'yu sekvenirovaniya po Sengeru u porod kur razlichnogo napravleniya produktivnosti [Search for polymorphic variants of the *LCORL* gene using Sanger sequencing in chickens of various directions of productivity] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 09 (200). Pp. 48–54. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-48-54. (In Russian.)

Paper submitted: 18.06.2020.

References

1. Kudinov A., Dementieva N., Mitrofanova O., Stanishevskaya O., Fedorova E., Larkina T., Mishina A., Plemyashov K., Griffin D., Romanov M. Genome-wide association studies targeting the yield of extraembryonic fluid and production traits in Russian White chickens // *BMC Genomics*. 2019. Vol. 20. No. 1. P. 270. DOI: 10.1186/s12864-019-5605-5.
2. Dementyeva N. V., Vakhrameev A. B., Larkina T. A., Mitrofanova O. V. Effektivnost' ispol'zovaniya SNP-markerov v gene MSTN v seleksii kur pushkinskoy porody [The Efficiency of Using SNP Markers in the MSTN Gene in Breeding Pushkinskaya Chickens] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019. T. 23. No. 8. Pp. 993–998. DOI 10.18699/VJ19.575. (In Russian.)
3. Shulika L. V., Kulibaba R. A. Osobennosti raspredeleniya gaplotipov v lokuse insulina v populyatsiyakh kur kombinirovannogo napravleniya produktivnosti [Peculiarities of the distribution of haplotypes at the insulin locus in chicken populations of a combined direction of productivity] // *Zhivotnovodstvo i veterinarnaya meditsina*. 2019. No. 1. Pp. 24–26. (In Russian.)
4. Sangang H., Jiang D., Bing H., Lei C., Mingjun L., Wenrong L. Genome-Wide Scan for Runs of Homozygosity Identifies Candidate Genes Related to Economically Important Traits in Chinese Merino // *Animals (Basel)*. 2020 Vol. 10. No. 3. P. 524. DOI: 10.3390/ani10030524.
5. Ying-Ju L., Wen-Ling L., Chung-Hsing W., Li-Ping T., Chih-Hsin T., Chien-Hsiun C., Jer-Yuarn W., Wen-Miin L., Ai-Ru H., Chi-Fung C., Jin-Hua C., Wen-Kuei C., Ting-Hsu L., Chia-Ming W., Chiu-Chu L., Shao-Mei H., Fuu-Jen T. Association of Human Height-Related Genetic Variants With Familial Short Stature in Han Chinese in Taiwan // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 6372. DOI: 10.1038/s41598-017-06766-z.
6. Signer-Hasler H., Burren A., Ammann P., Drögemüller C., Flury C. Runs of homozygosity and signatures of selection: a comparison among eight local Swiss sheep breeds // *Animal Genetics*. 2019. Vol. 50. No. 5. Pp. 512–525. DOI: 10.1111/age.12828.
7. Al-Mamun H., Kwan P., Clark S., Ferdosi M., Tellam R., Gondro C. Genome-wide association study of body weight in Australian Merino sheep reveals an orthologous region on OAR6 to human and bovine genomic regions affecting height and weight // *Genetics Selection Evolution*. 2015. Vol. 47. No. 1. P. 66. DOI: 10.1186/s12711-015-0142-4.
8. Ruiz-Larranaga O., Langa J., Rendo F., Manzano C., Iriondo M., Estonba A. Genomic selection signatures in sheep from the Western Pyrenees // *Genetics Selection Evolution*. 2018. Vol. 50. No. 1. Pp. 9. DOI: 10.1186/s12711-018-0378-x.
9. Schiavo G., Bertolini F., Galimberti G., Bovo S., Dall'olio S., Nanni Costa L., Gallo M., Fontanesi L. A machine learning approach for the identification of population-informative markers from high-throughput genotyping data: application to several pig breeds // *Animal*. 2020. Vol. 14. No. 2. Pp. 223–232. DOI: 10.1017/S1751731119002167.
10. Healey E., Murphy R., Hayward J., Castelhana M., Boyko A., Hayashi K., Krotscheck U., Todhunter R. Genetic mapping of distal femoral, stifle, and tibial radiographic morphology in dogs with cranial cruciate ligament disease // *Public Library of Science*. 2019. Vol. 14. No. 10. P. 223094. DOI: 10.1371/journal.pone.0223094.
11. Bai H., Lu H., Wang L., Wang S., Zeng W., Zhang T. SNPs Analysis of Height Traits in Ningqiang Pony // *Animal Biotechnology*. 2020. Vol. 24. Pp. 1–7. DOI: 10.1080/10495398.2020.1728288.
12. Ablondi M., Dadousis C., Vasini M., Eriksson S., Mikko S., Sabbioni A. Genetic Diversity and Signatures of Selection in a Native Italian Horse Breed Based on SNP Data // *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10. No. 6. P. 1005. DOI: 10.3390/ani10061005.
13. Moreira G., Salvian M., Boschiero C., Cesar A., Reecy J., Godoy T., Ledur M., Garrick D., Mourão G., Coutinho L. Genome-wide Association Scan for QTL and Their Positional Candidate Genes Associated With Internal Organ Traits in Chickens // *BMC Genomics*. 2019. Vol. 20. No. 1. P. 669. DOI: 10.1186/s12864-019-6040-3.
14. Saif R., Henkel J., Jagannathan V., Drögemüller C., Flury C., Leeb T. The LCORL Locus Is Under Selection in Large-Sized Pakistani Goat Breeds // *Genes (Basel)*. 2020. Vol. 11. No. 2. P. 168. DOI: 10.3390/genes11020168.
15. Chen Q., Huang B., Zhan J., Wang J., Qu K., Zhang F., Shen J., Jia P., Ning Q., Zhang J., Chen N., Chen H., Lei C. Whole-genome Analyses Identify Loci and Selective Signals Associated With Body Size in Cattle // *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98. No. 3. DOI: 10.1093/jas/skaa068.
16. Purfield D., Evans R., Berry D. Reaffirmation of Known Major Genes and the Identification of Novel Candidate Genes Associated With Carcass-Related Metrics Based on Whole Genome Sequence Within a Large Multi-Breed Cattle Population // *BMC Genomics*. 2019. Vol. 20. No. 1. P. 720. DOI: 10.1186/s12864-019-6071-9.

Authors' information:

Tatyana A. Larkina¹, candidate of biological sciences, junior researcher of the molecular genetics laboratory, ORCID 0000-0002-7764-1338, AuthorID 813159; + 7 904 60-50-882, tanya.larkina2015@yandex.ru

Anna A. Krutikova¹, candidate of biological sciences, senior researcher of the laboratory of molecular genetics, ORCID 0000-0003-2561-145X, AuthorID 808826; +7 921 87-60-419, anntim2575@mail.ru

Grigory K. Peglivanyan¹, graduate student, junior researcher of the laboratory of molecular genetics, ORCID 0000-0001-5194-4851, AuthorID 1044054; +7 981 765-21-81, peglivanyan_grig@mail.ru

Natalia V. Dementieva¹, candidate of biological sciences, head of the laboratory of molecular genetics, ORCID 0000-0003-0210-9344, AuthorID 213794; +7 921 74-30-743, dementevan@mail.ru

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals – a Branch of the Federal Scientific Center for Livestock – All-Russian Institute of Livestock named after academician L. K. Ernst, Pushkin, Russia

Совершенствование технологии размножения винограда *in vitro*

Т. Г. Леконцева[✉], А. В. Федоров¹

¹ Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Ижевск, Россия

[✉]E-mail: udmgarden@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – совершенствование технологии размножения винограда культурного сорта Памяти Домбковской *in vitro*. **Методы исследования.** Были применены общепринятые в практике клонального микроразмножения растений методы: стерилизация исходного материала, введение в культуру, собственно клональное микроразмножение и укоренение *in vitro* с последующей адаптацией к условиям *in vivo*. Объектом исследования были микрочеренки винограда культурного сорта Памяти Домбковской. Закладку опытов проводили в трехкратной повторности, в одной повторности не менее 10 пробирок. Статистическая обработка полученных данных была проведена дисперсионным методом по Б. А. Доспехову. Учитывали следующие параметры: высота микропобегов и микросаженцев, количество листьев, коэффициент пролиферации. Развитие корней оценивали в баллах. Успешность адаптации рассматривали как процентное соотношение адаптированных микросаженцев к общему количеству высаженных в субстрат. На этапе адаптации была применена методика, разработанная и дополненная нами при клональном микроразмножении розы сорта Анжелика. **Результаты.** Установлено, что на питательной среде Мурасиге и Скута (MS) с пониженным содержанием макроэлементов при введении в стерильную культуру *in vitro* успешность приживаемости эксплантов составила 40,0 %. Определена оптимальная концентрация 6-бензиламинопурина (6-БАП) на этапе пролиферации 1,0 мг/л. При увеличении концентрации цитокинина 6-БАП до 2,0 и 3,0 мг/л отмечено снижение коэффициента пролиферации с 4,4 шт/черенок до 3,3 и 2,9 шт/черенок соответственно ($HSP_{05} = 1,0$). Выявлено, что наилучшей питательной средой для укоренения микрочеренков винограда является среда по прописи Зленко с соавторами, на которой достигается лучшее развитие микрорастений по таким морфометрическим показателям, как высота микропобегов, количество листьев и корневая система. На среде по рецептуре Зленко с соавторами высота микросаженцев была больше по сравнению с контролем на 4,3 мм при $HSP_{05} = 2,7$, количество листьев больше на 0,5 при $HSP_{05} = 0,3$, а корневая система микросаженцев развита лучше на 0,4 балла ($HSP_{05} = 0,2$). **Научная новизна.** Положительные результаты получены при введении на адаптацию укорененных черенков винограда через 14 дней культивирования на среде для укоренения, что позволяет сократить продолжительность нахождения микрочеренков винограда в пробирке в 2–4 раза по сравнению с общепринятой методикой. Рекомендовано использование биологического препарата «Триходермавериде» для пролива почвенного субстрата с последующим опрыскиванием адаптируемых микросаженцев кремнийорганическим удобрением «Силиплант».

Ключевые слова: виноград, клональное микроразмножение, пролиферация, питательная среда, гормоны, адаптация.

Для цитирования: Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Совершенствование технологии размножения винограда *in vitro* // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 55–62. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-55-62.

Дата поступления статьи: 13.09.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Виноград является новой интродуцируемой культурой для условий восточной части Нечерноземной полосы Российской Федерации. Основной способ размножения винограда – черенкование одревесневшими и зелеными черенками. Однако данный способ является малопродуктивным и не может удовлетворить все возрастающий спрос на посадочный материал. К тому же производство посадочного материала высшей категории в России отсутствует [1, с. 12]. Для обеспечения качественным посадочным материалом актуально использование клонального микроразмножения.

Клональное микроразмножение является новым перспективным способом вегетативного размножения растений, позволяющим за короткое время получать генети-

чески однородный посадочный материал в большом количестве от одного исходного растения [2, с. 37], [3, с. 45]. Данный метод размножения имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными: ускорение перехода растений от ювенильной фазы развития к репродуктивной; получение генетически однородного посадочного материала, освобождение растений от различного рода заболеваний, высокий коэффициент размножения, возможность проведения работ в течение всего года [4], [5, с. 6], [6, с. 151]. Растения, полученные методом клонального микроразмножения, проходя путь от меристематических клеток до взрослых растений, подвергаются процессу ре-ювенилизации (омоложения), в результате чего лишаются действия накопившейся «усталости» [7, с. 94]. В промышленном производстве плодово-ягодных, садовых и декора-

тивных культур во всем мире в настоящее время наиболее перспективным методом размножения растений считается метод *in vitro* [8, с. 581].

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на базе лаборатории Отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН. В работе пользовались общепринятыми в практике клонального микроразмножения растений методами: стерилизация исходного материала, введение в культуру, собственно клональное микроразмножение и укоренение *in vitro* с последующей адаптацией к условиям *in vivo* [4].

Цель исследования – совершенствование технологии размножения винограда культурного сорта Памяти Домбковской *in vitro*.

Объектом исследования были микрочеренки винограда культурного сорта Памяти Домбковской. В качестве исходного материала для введения в стерильную культуру *in vitro* были взяты верхушки интенсивно растущих зеленых побегов винограда, которые разрезали на одноглазковые черенки с удаленными листовыми пластинками и промывали под проточной водой в течение получаса. Стерилизацию растительного материала проводили 33-процентным раствором перекиси водорода с экспозицией 5–7 минут с последующим 5-кратным промыванием стерильным дистиллятом. В качестве первичных эксплантов использовали апикальные меристемы, выделенные в стерильных условиях ламинар-бокса при 10-кратном увеличении. Растительный материал культивировали в условиях светоустановки при температуре +25 °C и 16-часовом фотопериоде. Закладку опытов проводили в трехкратной повторности, в одной повторности не менее 10 пробирок. Статистическая обработка полученных данных была проведена дисперсионным методом по Б. А. Доспехову [9].

Исследовали следующие параметры: высота микропобегов и микросаженцев (мм, измеряли с помощью линейки), количество листьев (шт.), коэффициент пролиферации (шт/черенок, учитывали как количество микропобегов, полученных от одного черенка). Качество корней оценивали в баллах при осмотре (от 1 до 3 баллов). 1 балл – это слаборазвитая корневая система, имеющая один основной корень не более 20 мм или 2–3 более коротких, боковых корней нет; 2 балла – среднеразвитая корневая система, основных корней 3–4 длиной 20–50 мм или один, но с хорошо развитыми боковыми и всасывающими корнями; 3 балла – хорошо развитая корневая система, основных корней 5 и более длиной 20–50 мм, часто с хорошо развитыми боковыми и всасывающими корнями [10, с. 104]. Успешность адаптации рассматривали как процентное соотношение адаптированных микросаженцев к общему количеству высаженных в субстрат. На этапе адаптации была применена методика, разработанная и дополненная нами при клональном микроразмножении розы сорта Анжелика [11, с. 242].

Результаты (Results)

Успех размножения *in vitro* во многом зависит от состава питательных сред, на которых будет развиваться эксплант, микрочеренок и микрорастение на всех этапах культивирования. Для введения в культуру апикальных меристем использовали твердые агаризованные питатель-

ные среды Мурасиге и Скуга с пониженным содержанием макроэлементов и модифицированную среду MS по Зленко с соавторами, содержание цитокинина 6-БАП 0,25 мг/л [12, с. 21].

Приживаемость на среде с пониженным содержанием макроэлементов была существенно выше (40 %) по сравнению с модифицированной средой MS по Зленко с соавторами (30 % при $HCP_{05} = 1,3$).

Таким образом, оптимальной средой для введения в культуру винограда оказалась среда с пониженным содержанием макроэлементов. Полученные результаты согласуются с нашими предыдущими данными по введению в стерильную культуру четырех сортов винограда, где оптимальной питательной средой также была среда с пониженным содержанием макроэлементов [13, с. 176], [14, с. 159].

На этапе пролиферации с целью получения максимального количества микропобегов провели исследования по выявлению наиболее эффективной концентрации 6-БАП, изучены варианты (мг/л): 1,0 (К), 2,0 и 3,0, основа – модифицированная среда MS по Зленко с соавторами (с повышенным содержанием $CaCl_2$ – 650 мг/л). Учитывали такие параметры, как коэффициент пролиферации, длина микропобегов, витрификация и некроз побегов (таблица 1).

Как следует из данных, наиболее оптимальной для развития побегов была концентрация 6-БАП 1,0 мг/л, при которой был получен наибольший в опыте коэффициент пролиферации – 4,4 шт/черенок, на средах с содержанием цитокинина 2,0 и 3,0 мг/л данный показатель составлял соответственно 3,3 и 2,9 шт/черенок (при $HCP_{05} = 1,0$). Наши данные согласуются с результатами исследований, полученными Т. А. Красинской. При использовании 6-БАП в концентрациях 1,1, 1,5 и 2,0 мг/л отмечалось снижение коэффициента размножения с 4,4 до 3,8, а доля витрифицированных побегов, наоборот, возрастала с 1,8 до 29 % [15, с. 95]. Также среда MS с концентрацией 6-БАП 1,0 мг/л способствовала получению наилучших результатов по количеству побегов, длине побегов и количеству узлов. Для сорта Öküzgözü значения были 4,66, 1,24 и 6,39, сорта Boğazkere – 6,28, 1,15 и 6,81 соответственно [16, с. 55].

Синтетический цитокинин 6-БАП является универсальным, используется для размножения большого количества видов растений. По данным М. Монокари, при размножении *Micrococca mercurialis* (L.) Benth наибольший отклик (97 %) и количество побегов (4,2 побега/эксплант) наблюдали на среде MS, дополненной 1,0 мг/л 6-БАП [17, с. 39]. Для сортов роз плетистой группы *Palais Royal*, *Camelot* и *Nahema* на этапе пролиферации оптимальная концентрация цитокинина 6-БАП в составе питательной среды MS также была 1,0 мг/л [18, с. 385].

Средняя длина микропобега в контрольном варианте (1,0 мг/л) составляла 17,6 мм, что было существенно выше, чем на средах с цитокинином в концентрации 2,0 и 3,0 мг/л, где длина микропобегов была 13,3 и 11,4 мм соответственно ($HCP_{05} = 4,2$).

В контрольном варианте отмечали активный рост и формирование хорошо развитых боковых побегов. При дальнейшем увеличении концентрации 6-БАП до 3,0 мг/л наблюдали морфологические изменения побегов – некроз верхушки, признаки витрификации.

Таблица 1
Влияние концентрации 6-БАП на морфометрические параметры микрочеренков винограда на этапе пролиферации, 2016–2017 гг.

Концентрация 6-БАП, мг/л	Коэффициент пролиферации, шт/черенок	Длина побега, мм	Витрификация, %	Некроз, %
1,0 (К)	4,4 ± 0,7	17,6 ± 4,1	3,3 ± 3,3	26,7 ± 16,3
2,0	3,3 ± 0,8	13,3 ± 3,5	33,3 ± 4,2	40,0 ± 17,9
3,0	2,9 ± 0,9	11,4 ± 2,9	63,3 ± 3,3	13,3 ± 10,3
HCP ₀₅	1,0	4,2	10,5	17,9

Примечание: «±» – стандартное отклонение.

Table 1
Effect of 6-BAP concentration on morphometric parameters micro-transfers of grapes at the stage of proliferation, 2016–2017

Concentration of 6-BAP, mg/l	The ratio of proliferation, pcs/cuttings	The length of sprouts, mm	Vitrification, %	Necrosis, %
1.0 (C)	4.4 ± 0.7	17.6 ± 4.1	3.3 ± 3.3	26.7 ± 16.3
2.0	3.3 ± 0.8	13.3 ± 3.5	33.3 ± 4.2	40.0 ± 17.9
3.0	2.9 ± 0.9	11.4 ± 2.9	63.3 ± 3.3	13.3 ± 10.3
LSD ₀₅	1.0	4.2	10.5	17.9

Note: “±” is the standard deviation.

Таблица 2
Морфометрические показатели микросаженцев винограда на этапе укоренения, 2016 г.

Питательная среда	Высота побега, мм	Количество листьев, шт.	Корневая система, баллы
½ MC (К)	54,6 ± 1,2	6,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1
По Зленко и др.	58,9 ± 1,9	6,9 ± 0,2	2,8 ± 0,1
HCP ₀₅	2,7	0,3	0,2

Примечание: «±» – стандартное отклонение.

Table 2
Morphometric indicators of grape microplants at the rooting stage, 2016

Nutrient medium	The height of the escape, mm	Number of leaves, pcs.	The root system, points
½ MS (C)	54.6 ± 1.2	6.4 ± 0.1	2.4 ± 0.1
According to Zlenko and other	58.9 ± 1.9	6.9 ± 0.2	2.8 ± 0.1
LSD ₀₅	2.7	0.3	0.2

Note: “±” is the standard deviation.

В контрольном варианте доля витрифицированных микрочеренков составляла 3,3 %, при увеличении концентрации цитокинина до 2,0 и 3,0 мг/л данный показатель был существенно выше – 33,3 и 63,3 % соответственно (HCP₀₅ = 10,5). Применение высоких концентраций регулятора роста цитокинина приводит к появлению такого нежелательного эффекта, как витрификация.

Витрификация (гипергидрация, стекловидность) – морфологическое отклонение микрорастений, которые теряют способность размножаться и акклиматизироваться. В таких случаях нарушается образование хлорофилла, протеинов, снижается жизнеспособность и приживаемость при пересадке; большинство растений гибнет. Один из возможных путей уменьшения оводненности – снижение концентрации цитокининов в среде и температуры культивирования [19, с. 70].

Некроз верхушки – отмирание апикальных участков тканей с изменением их окраски. Наибольшее количество побегов с некрозом верхушки отмечено при концентрации 6-БАП 2,0 мг/л (40 %), в контрольном варианте таких рас-

тений оказалось 26,7 %, при увеличении концентрации цитокинина до 3 мг/л их доля уменьшалась до 13,3 %, но различия были не существенными. В асептической культуре отмершие верхушки побегов и кончики корней являются визуальным признаком недостатка кальция [5, с. 57].

Таким образом, оптимальной для этапа собственно микроразмножения винограда сорта Памяти Домбковской оказалась питательная среда с содержанием цитокинина 6-БАП в концентрации 1,0 мг/л.

На этапе укоренения использовали две рецептуры питательных сред: MS с половинной концентрацией макроэлементов и модифицированную MS по Зленко с соавторами, содержание ауксина индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) 0,2 мг/л [20, с. 215]. Был проведен учет начала корнеобразования (рис. 1).

Через 12 дней культивирования на среде по прописи Зленко с соавторами укоренилось 75,0 % черенков, на среде ½ MS – 41,7 %, через 16 дней – 100,0 и 83,3 % соответственно. Максимальное количество черенков укоренилось через 14–16 дней культивирования на питательных средах.

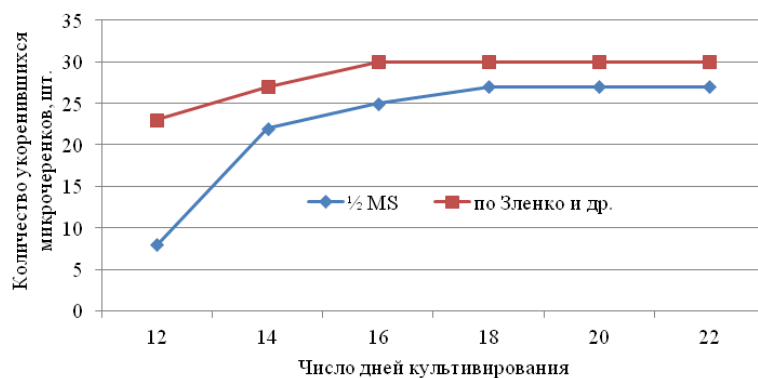


Рис. 1. Корнеобразование микрочеренков *Vitis vinifera* L., 2016–2017 гг.

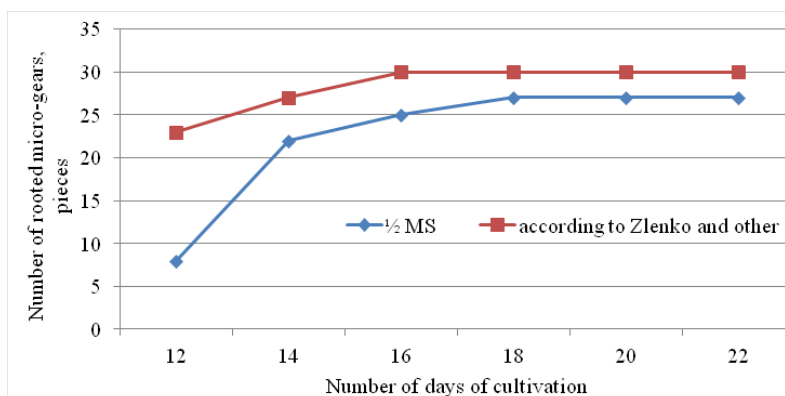


Fig. 1. Root formation of *Vitis vinifera* L. micro-gears, 2016–2017

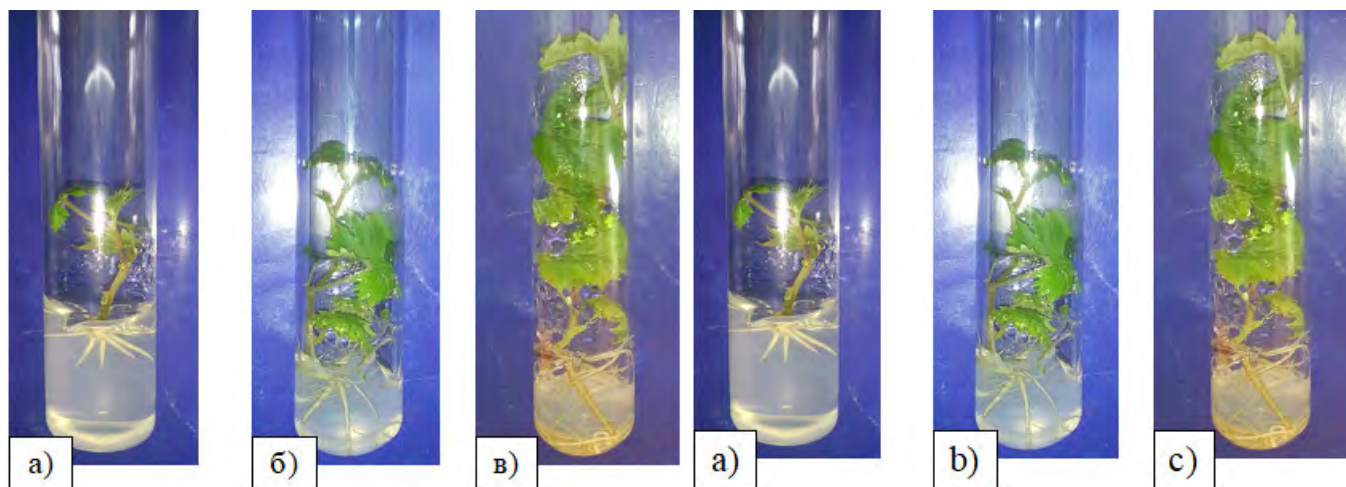


Рис. 2. Микросаженцы винограда сорта Памяти Домбковской перед высадкой на адаптацию. Продолжительность культивирования, дни: а) 13; б) 33; в) 44

Fig. 2. Micro seedlings of the Pamyati Dombkovskoy grape variety before planting for adaptation. Duration of cultivation, days: а) 13; б) 33; с) 44

На рис. 2 представлен внешний вид микросаженцев, пригодных для высадки на адаптацию в почвосмесь.

По истечении 60 дней культивирования на питательной среде для укоренения учитывали такие параметры, как высота побега, количество листовых пластинок, развитие корневой системы (таблица 2).

Микросаженцы, выращенные на модифицированной среде MS по рецептуре Зленко с соавторами, имели значительно лучшие морфометрические показатели, такие как высота микропобегов, количество листьев и корневая система.

Адаптация растений-регенерантов к условиям *in vivo* является одним из самых ответственных и трудоемких этапов, который завершает весь процесс размножения *in vitro*. Для адаптации микросаженцев разными исследователями предложено множество вариантов почвосмесей. Нашими исследованиями по влиянию почвосмесей на успешность адаптации микросаженцев винограда и роз было выявлено, что лучшими являются субстраты, приготовленные на основе верхового торфа, обладающие оптимальным сочетанием агрофизических и химических свойств, в частности «Универсальная земля садовая» производства ЗАО «МНПП «ФАРТ».

Изначально адаптацию микросаженцев винограда после этапа укоренения проводили по методике, предложенной А. Б. Бургутиным (1991) в условиях пробирок [21, с. 220]. С тех пробирок, в которых микросаженцы достигали пробки, последние удаляли. Чтобы предотвратить появление плесени на агаризованной среде, 3–4 раза за 1,5–2 недели увлажняли поверхность агар-агара обычной водой. В конце этого периода верхушка растения и 1–2 развернутых листочка были вне пробирки. Посадку в почвенный субстрат проводили так, чтобы над поверхностью оставалась верхушка с 1–2 развернутыми листовыми пластинками. Однако данная схема укоренения микрочеренков, адаптации микросаженцев является продолжительной и трудоемкой, предполагает наличие теплицы.

Мы предлагаем начинать высадку на адаптацию саженцев винограда через 14 дней после посадки на укоренение, что позволяет сократить продолжительность нахождения черенков винограда на питательной среде в пробирке в 2–4 раза по сравнению с общепринятой методикой [22, с. 334].

После посадки черенков на питательную среду для укоренения уже через 10–14 дней культивирования корни достигают длины 10–15 мм без признаков ветвления. Надземная часть развита слабо: верхушечные черенки только начинают свой рост, на черенках из средней и нижней частей побега начинают просыпаться пазушные почки. По нашему мнению, очень важно уловить данный момент развития растений, так как относительно «старая» листовая поверхность в меньшей степени подвержена увяданию из-за потери тургора, корневая система справляется с влагообеспечением небольшой надземной части. Кроме этого, корни растений прямые, не загнуты, как это происходит при более длительном культивировании в условиях небольшого объема пробирок (рис. 2, б, в). Саженцы выборочно, аккуратно пинцетом вынимали из пробирок, корни промывали в децимолярном растворе марганцовокислого калия и высаживали в микропарник. На наш взгляд, промывание корней в растворе марганцовокислого калия от остатков агаризованной питательной среды в некоторой степени задерживает поражение пагубной микрофлорой.

Почвосмесь с посаженными саженцами проливали раствором «Триходерма вериде» согласно инструкции. «Триходерма вериде» относится к биологическим препаратам, представляет собой порошок, содержащий миллиарды сухих спор микрогрибка *Trichoderma veride*. Попадая во влажную и теплую среду (почву), они прорастают,

размножаются и образуют невидимые глазу колонии. Этот вид грибка безвреден для растений, поскольку не питается их живыми тканями [23].

В предыдущих наших исследованиях было выявлено существенное увеличение количества адаптированных саженцев роз сорта Анжелика при внекорневой обработке препаратом «Силиплант» [11, с. 242]. Растения обильно однократно опрыскивали раствором «Силипланта» (1,5 мл/л). «Силиплант» – кремнийсодержащий препарат, в состав которого, кроме кремния (7 %) и калия (1 %), входят в легкодоступной для растений хелатной форме следующие микроэлементы: железо, медь, цинк, марганец, кобальт, бор. Удобрение разработано, зарегистрировано и производится ННПП «НЭСТ М». Препарат стимулирует развитие корневой и надземной частей, снимает различные стрессы, активизирует фотосинтез. Усиливает механическую прочность клеточных стенок, обладает ярко выраженным фунгицидным действием, стерилизующим споры грибов. В дальнейшем влажность в микропарниках поддерживали путем ежедневного опрыскивания водопроводной водой саженцев и крышки микропарника из пульверизатора. При такой технологии адаптации нами была получена 100-процентная приживаемость микросаженцев винограда. После периода адаптации растения были высажены на доращивание в отдельные контейнеры.

Обсуждение и выводы (Discussion and conclusion)

Таким образом, на основании наших исследований по клональному микроразмножению *Vitis vinifera* L. сорта Памяти Домбковской можно сделать следующие выводы:

1. Оптимальной средой для введения в культуру винограда является среда Мурасиге и Скуга с пониженным содержанием макроэлементов (приживаемость эксплантов – 40 %).
2. На этапе микроразмножения для роста и развития побегов целесообразно использовать питательную среду с содержанием цитокинина 6-БАП в концентрации 1,0 мг/л.
3. Питательная среда для укоренения по рецептуре Зленко с соавторами способствует лучшему развитию микрорастений.
4. С целью повышения эффективности клонального микроразмножения выведение на адаптацию пробирочных растений следует производить через две недели культивирования *in vitro* на среде для укоренения, что позволяет сократить продолжительность ризогенеза в 2–4 раза по сравнению с общепринятой методикой с сохранением высокой приживаемости растений (до 100 %).

Библиографический список

1. Батукаев А. А., Батукаев М. С., Палаева Д. О. Использование регуляторов роста при размножении винограда методом *in vitro* // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология: тезисы докладов XI Международной конференции, которая знаменует полувековую историю по исследованию культивируемых *in vitro* клеток высших растений и 60-летие деятельности отдела биохимии и биотехнологии растений государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». Минск, 2018. С. 12–13.
2. Митрофанова И. В., Митрофанова О. В., Браилко В. А., Лесникова-Седошенко Н. П. Биотехнологические и физиологические особенности культивирования *in vitro* ценных генотипов розы эфирномасличной // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). С. 37–48.
3. Егорова Н. А., Ставцева И. В. Микроразмножение сортов эфирномасличной розы в культуре // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26. Вып. 2. С. 45–52.
4. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: учебное пособие. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.

5. Черевченко Т. М., Лаврентьева А. Н., Иванников Р. В. Биотехнология тропических и субтропических растений in vitro. Киев: Наукова думка, 2008. 560 с.
6. Акшикова Н. А. Введение в культуру in vitro хосты (Hosta) для декоративного озеленения садов и парков // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-1. С. 150–153. DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10173.
7. Леконцева Т. Г., Худякова А. В., Федоров А. В. Адаптация микросаженцев плетистых роз сортов Polais Royal, Camelot и Nahema // Инновационные технологии в полевом и декоративном растениеводстве: сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курган, 2018. С. 93–96.
8. Милехин А. В., Рубцов С. Л., Мадякин Е. В. Модель регионального базового центра по оздоровлению микрклональному размножению сельскохозяйственных растений in vitro // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 4 (3). С. 581–584.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1968. 336 с.
10. Маркова М. Г., Сомова Е. Н., Потапова С. А. Влияние регуляторов роста на размножение перспективных сортов малины в культуре in vitro // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2015. № 2-1 (16). С. 104–111.
11. Леконцева Т. Г., Худякова А. В., Исаева А. Н., Федоров А. В. Оптимизация некоторых этапов микрклонального размножения чайно-гибридной розы «Анжелика» // Вестник Пермского университета. Биология. 2017. Вып. 3. С. 240–244.
12. Зленко В. А., Котиков И. В., Трошин Л. П. Размножение оздоровленного посадочного материала винограда в культуре in vitro // Садоводство и виноградарство. 2005. № 1. С. 21–23.
13. Федоров А. В., Леконцева Т. Г. Влияние состава питательной среды на приживаемость эксплантов винограда (*Vitis vinifera* L.) на этапе введения в культуру in vitro // Агрохимия в Предуралье: история и современность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2012. С. 173–177.
14. Федоров А. В., Леконцева Т. Г. Использование биотехнологических методов получения саженцев винограда в питомниководстве Среднего Предуралья // Состояние и перспективы развития северного садоводства: материалы научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня основания Свердловской селекционной станции садоводства. Екатеринбург, 2015. С. 158–166.
15. Красинская Т. А., Змушко А. А. Морфогенез растений-регенерантов сортов винограда в культуре in vitro при использовании биологически активных веществ синтетического происхождения // Журнал белорусского государственного университета. Биология. 2018. № 2. С. 95–104.
16. Yildirim H., Ozdemir G. Influence of BAP concentrations and nutrient medium composition on in vitro regeneration of “Öküzgözü” and “Boğazkere” (*Vitis vinifera* L.) cultivars // Erwerbs-Obstbau. 2018. Т. 60. No. 2. Pp. 55–59. DOI: 10.1007/s10341-018-0393-7.
17. Manokari M., Shekhawat M. S. Optimization of in vitro and ex vitro regeneration and micromorphological studies of *Micrococca mercurialis* (L.) Benth // Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation. 2017. No. 6 (1). Pp. 37–44. DOI: 10.17581/bp.2017.06105.
18. Lekontseva T., Fedorov A., Khudyakova A. Biotechnology as a heart of innovation in nursery management of ornamental plants [e-resource] // Digital agriculture – Development Strategy: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019). Series: Advances in Intelligent Systems Research. Ekaterinburg, 2019. Vol. 167. Pp. 385–388. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/ispc-19/125909488> (appeal date: 20.01.2020). DOI: 10.2991/ispc-19.2019.64.
19. Князьков И. Е., Сахно О. Н. Клеточная инженерия растений: учебное пособие. Владимир: Аркаим, 2016. 84 с.
20. Исаева А. Н., Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Оптимизация технологических приемов размножения *Vitis vinifera* L. в культуре in vitro при интродукции в условиях Среднего Предуралья // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. Минск, 2017. Ч. 2. С. 213–217.
21. Бургутин А. Б. Микрклональное размножение винограда. Биология культивируемых клеток и биотехнология растений: сборник статей. М.: Наука, 1991. С. 216–220.
22. Исаева А. Н., Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Перспективы биотехнологического метода при интродукции *Vitis vinifera* L. в Удмуртской Республике // Современные тенденции сохранения, восстановления и обогащения фиторазнообразия ботанических садов и дендропарков: Международная научная конференция, посвященная 70-летию дендрологического парка «Александрия» как научного учреждения НАН Украины. Белая Церковь, 2016. С. 333–335.
23. Триходерма вериде: инструкция по применению [Электронный ресурс]. URL: <https://sotkiradosti.ru/v-pomoshh-rasteniyam/triioderma-veride-instruktsiya-po-primeneniyu> (дата обращения: 16.01.2020).

Об авторах:

Татьяна Германовна Леконцева¹, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-6659-0504, AuthorID 637255; +7 950 155-20-26
 Александр Владимирович Федоров¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник,
 ORCID 0000-0003-2759-2037, AuthorID 219069; +7 950 820-25-65

¹ Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Ижевск, Россия

Improvement of the grapes propagation technology in vitro

F. G. Lekontseva¹, A. V. Fedorov¹

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

[✉]E-mail: udmgarden@mail.ru

Abstract. The aim of research is improvement of the production technology in vitro of the grapes Pamyati Dombkovskoy. **Methods.** Methods generally accepted in the practice of clonal micropropagation of plants were applied. There are sterilization of the starting material, introduction into culture, clonal micropropagation, and in vitro rooting, followed by adaptation to in vivo conditions. The study object was micro cuttings grapes of the cultural variety Pamyati Dombkovskoy. The experiments were set up in three replicates, one replication was at least 10 test tubes. Statistical processing of the data obtained was carried out by the dispersion method according to B. A. Dospekhov. The following parameters were taken into account: micro-shoots and microplants heights, leaves number, proliferation coefficient. Root development was assessed in points. The success of adaptation was considered as the percentage of adapted microplants to the total number planted in the substrate. At the stage of adaptation, we applied supplemented and developed by us technique during clonal micropropagation of the Angelica rose. **Research result.** Success of establishment explants was 40 % on Murashige and Skoog growing medium with a reduced content of macronutrients, when introduced into a sterile culture in vitro. The optimal concentration of 6-benzylaminopurine (6-BAP) was determined at the proliferation stage – 1 mg/l. There are decrease in the proliferation coefficient from 4.4 pcs/cutting to 3.3 and 2.9 pcs/cutting respectively with an increase in the concentration of cytokinin 6-BAP to 2.0 and 3.0 mg / l ($LSD_{05} = 1.0$). It was revealed that the best growing medium for rooting micrograpes is the environment according to Zlenko and others, when the best microplants development is achieved according to such morphometric parameters as microshoots height, leaves number and root system. On the medium Zlenko and others, microplants height was higher by 4.3 mm than the control with $LSD_{05} = 2.7$, the number of leaves was more by 0.5 with $LSD_{05} = 0.3$, and the root system of microplants is better developed by 0.4 points ($LSD_{05} = 0.2$). **Scientific novelty.** Positive results were received when rooted grapes cuttings were adapted after 14 days of cultivation on rooting medium, which allows to reduce the duration of micro grapes in a test tube in 2–4 times compared with the conventional method. The use of the biological product “Trichoderma Veride” for watering the soil substrate with the subsequent spraying of adaptable microplants with the organosilicone fertilizer “Siliplant” is recommended.

Keywords: grapes, microclonal propagation, proliferation, growing medium, hormones, adaptation.

For citation: Lekontseva T. G., Fedorov A. V. Sovershenstvovanie tekhnologii razmnzheniya vinograda in vitro [Improvement of the grapes propagation technology in vitro] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 55–62. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-55-62. (In Russian.)

Paper submitted: 13.09.2019.

References

1. Batukaev A. A., Batukaev M. S., Palaeva D. O. Ispol'zovanie regul'yatorov rosta pri razmnzhenii vinograda metodom in vitro [The use of growth regulators in the propagation of grapes in vitro] // Biologiya kletok rasteniy in vitro i biotekhnologiya: tezisy dokladov XI Mezhdunarodnoy konferentsii, kotoraya znamenuet poluvekovuyu istoriyu po issledovaniyu kul'tiviruemykh in vitro kletok vysshikh rasteniy i 60-letie deyatel'nosti otdela biokhimii i biotekhnologii rasteniy gosudarstvennogo nauchnogo uchrezhdeniya “Tsentral'nyy botanicheskiy sad NAN Belarusi”. Minsk, 2018. Pp. 12–13. (In Russian.)
2. Mitrofanova I. V., Mitrofanova O. V., Brailko V. A., Lesnikova-Sedoshenko N. P. Biotekhnologicheskie i fiziologicheskie osobennosti kul'tivirovaniya in vitro tsennykh genotipov rozy efirnomaslichnoy [Biotechnological and physiological features of in vitro cultivation of valuable genotypes of rose essential oil] // Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. 2015. No. 2 (13). Pp. 37–48. (In Russian.)
3. Egorova N. A., Stavtseva I. V. Mikrorazmnzhenie sortov efirnomaslichnoy rozy v kul'ture [Micro-Multiplication of essential oil rose varieties in culture] // Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2016. T. 26. Vol. 2. Pp. 45–52. (In Russian.)
4. Butenko R. G. Biologiya kletok vysshikh rasteniy in vitro i biotekhnologii na ikh osnove: uchebnoe posobie [Biology of higher plant cells in vitro and biotechnology based on them: textbook]. Moscow: FBK-PRESS, 1999. 160 p. (In Russian.)
5. Cherevchenko T. M., Lavrent'eva A. N., Ivannikov R. V. Biotekhnologiya tropicheskikh i subtropicheskikh rasteniy in vitro [Biotechnology of tropical and subtropical plants in vitro]. Kiev: Naukova dumka, 2008. 560 p. (In Russian.)
6. Akshikova N. A. Vvedenie v kul'turu in vitro khosty (Hosta) dlya dekorativnogo ozeleneniya sadov i parkov [In vitro culture of hosta for gardens and parks landscaping] // International journal of humanities and natural sciences. 2018. No. 11-1. Pp. 150–153. DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10173. (In Russian.)
7. Lekontseva T. G., Khudyakova A. V., Fedorov A. V. Adaptatsiya mikrosazhentshev pletistyykh roz sortov Polais Royal, Camelot i Nahema [Adaptation of regenerated shoots of climbing roses of Polais Royal, Camelot and Nahema sorts] // Innovatsionnye tekhnologii v polevom i dekorativnom rastenievodstve: sbornik statei po materialam II Vserossiiskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kurgan, 2018. Pp. 93–96. (In Russian.)
8. Milekhin A. V., Rubtsov S. L., Madyakin E. V. Model' regional'nogo bazovogo tsentra po ozdorovleniyu mikroklonal'nomu razmnzheniyu sel'skokhozyaystvennykh rasteniy in vitro [Model of the regional basic center for improving microclonal re-

- production of agricultural plants in vitro] // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2015. Vol. 17. No. 4 (3). Pp. 581–584. (In Russian.)
9. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Technique of field experience]. Moscow: Kolos, 1968. 336 p. (In Russian.)
10. Markova M. G. Somova E. N., Potapova S. A. Vliyanie regulyatorov rosta na razmnzhenie perspektivnykh sortov maliny v kul'ture in vitro [Influence of growth regulators on reproduction of promising raspberry varieties in in vitro culture] // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. No. 2-1 (16). Pp. 104–111. (In Russian.)
11. Lekontseva T. G., Khudyakova A. V., Isaeva A. N., Fedorov A. V. Optimizatsiya nekotorykh etapov mikroklonal'nogo razmnzheniya chayno-gibridnoy rozy "Anzhelika" [Optimization of some stages of microclonal reproduction of the tea-hybrid rose "Angelica"] // Bulletin of the Perm University. Biology. 2017. Vol. 3. Pp. 240–244. (In Russian.)
12. Zlenko V. A., Kotikov I. V., Troshin L. P. Razmnzhenie ozdorovlennogo posadochnogo materiala vinograda v kul'ture in vitro [Reproduction of healthy planting material of grapes in culture in vitro] // Horticulture and viticulture. 2005. No. 1. Pp. 21–23. (In Russian.)
13. Fedorov A. V., Lekontseva T. G. Vliyanie sostava pitatel'noy sredy na prizhivaemost' eksplantov vinograda (*Vitis vinifera* L.) na etape vvedeniya v kul'turu in vitro [Influence of nutrient medium composition on the survival rate of explants of grape (*Vitis vinifera* L.) at the stage of introduction in culture in vitro] // Agrokimiya v Predural'e: istoriya i sovremennost': materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 55-letiyu kafedry agrokhimii i pochvovedeniya FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2012. Pp. 173–177. (In Russian.)
14. Fedorov A. V., Lekontseva T. G. Ispol'zovanie biotekhnologicheskikh metodov polucheniya sazhentsev vinograda v pitomnikovodstve Srednego Predural'ya [Using biotechnological methods for obtaining grape seedlings in the nursery of the Middle Urals] // Sostoyanie i perspektivy razvitiya severnogo sadovodstva: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu so dnya osnovaniya Sverdlovskoy selektsionnoy stantsii sadovodstva. Ekaterinburg, 2015. Pp. 158–166. (In Russian.)
15. Krasinskaya T. A., Zmushko A. A. Morfogenez rasteniy-regenerantov sortov vinograda v kul'ture in vitro pri ispol'zovanii biologicheskii aktivnykh veshchestv sinteticheskogo proiskhozhdeniya [Morphogenesis of regenerating plants of grape varieties in in vitro culture when using biologically active substances of synthetic origin] // Journal of the Belarusian state University. Biology. Minsk. 2018. Pp. 95–104. (In Russian.)
16. Yildirim H., Ozdemir G. Influence of BAP concentrations and nutrient medium composition on in vitro regeneration of "Öküzgözü" and "Boğazkere" (*Vitis vinifera* L.) cultivars // Erwerbs-Obstbau. 2018. T. 60. No. 2. Pp. 55–59. DOI: 10.1007/s10341-018-0393-7.
17. Manokari M., Shekhawat M. S. Optimization of *in vitro* and *ex vitro* regeneration and micromorphological studies of *Micrococca mercurialis* (L.) Benth // Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation. 2017. No. 6 (1). Pp. 37–44. DOI: 10.17581/bp.2017.06105.
18. Lekontseva T., Fedorov A., Khudyakova A. Biotechnology as a heart of innovation in nursery management of ornamental plants [e-resource] // Digital agriculture – Development Strategy: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019). Series: Advances in Intelligent Systems Research. Ekaterinburg, 2019. Vol. 167. Pp. 385–388. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/ispc-19/125909488> (appeal date: 20.01.2020). DOI: 10.2991/ispc-19.2019.64.
19. Knyaz'kov, I. E., Sakhno O. N. Kletochnaya inzheneriya rasteniy: uchebnoe posobie [Cell engineering of plants: textbook]. Vladimir: Arkaim, 2016. 84 p. (In Russian.)
20. Isaeva A. N., Lekontseva T. G., Fedorov A. V. Optimizatsiya tekhnologicheskikh priemov razmnzheniya *Vitis vinifera* L. v kul'ture in vitro pri introduktsii v usloviyakh Srednego Predural'ya [Optimization of technological methods of reproduction of *Vitis vinifera* L. in in vitro culture during introduction in the Middle Urals] // Rol' botanicheskikh sadov i dendrariy v sokhranении, izuchenii i ustoychivom ispol'zovanii raznoobraziya rastitel'nogo mira: Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 85-letiyu Tsentral'nogo botanicheskogo sada Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Minsk, 2017. Part 2. Pp. 213–217. (In Russian.)
21. Burgutin A. B. Mikroklonal'noe razmnzhenie vinograda. Biologiya kul'tiviruemykh kletok i biotekhnologiya rasteniy: sbornik statey [Micropropagation of grapes. Biology of cultured cells and plant biotechnology: a collection of articles]. Moscow: Nauka, 1991. Pp. 216–220. (In Russian.)
22. Isaeva A. N., Lekontseva T. G., Fedorov A. V. Perspektivy biotekhnologicheskogo metoda pri introduktsii *Vitis vinifera* L. v Udmurtskoy Respublike [Prospects of biotechnological method for the introduction of *Vitis vinifera* L. in the Udmurt Republic] // Sovremennye tendentsii sokhraneniya, vosstanovleniya i obogashcheniya fitoraznoobraziya botanicheskikh sadov i dendroparkov: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya 70-letiyu dendrologicheskogo parka "Aleksandriya" kak nauchnogo uchrezhdeniya NAN Ukrainy. Belaya Tserkov', 2016. Pp. 333–335. (In Russian.)
23. Trikhoderma veride: instruktsiya po primeneniyu [Trichoderma veride: instructions for use] [e-resource]. URL: <https://sotkiradosti.ru/v-pomoshh-rasteniyam/trikhoderma-veride-instruktsiya-po-primeneniyu> (appeal date: 16.01.2020). (In Russian.)

Authors' information:

Tatyana G. Lekontseva¹, scientist researcher, ORCID 0000-0002-6659-0504, AuthorID 637255; +7 950 155-20-26
Aleksandr V. Fedorov¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0003-2759-2037, AuthorID 219069; +7 950 820-25-65

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

iPBS-полиморфизм редких реликтовых и исчезающих видов *Allium*, произрастающих на территории Казахстанского Алтая

О. Б. Райзер¹✉, О. Н. Хапилина¹

¹ Национальный центр биотехнологии, Нур-Султан, Республика Казахстан

✉E-mail: 2008olesya@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – оценка генетического полиморфизма казахстанских популяций редких реликтовых и эндемичных видов *Allium*. Новизна исследований заключается в использовании современного молекулярно-генетического iPBS (Inter-Primer Binding Site Polymorphism) метода амплификации ДНК, для оценки генетического разнообразия различных популяций *Allium*, собранных в местах их естественного произрастания на территории Казахстанского Алтая. **Методы.** В качестве объектов исследований были использованы лекарственные реликтовые и исчезающие виды лука (*A. ledebourianum*, *A. altaicum*, *A. microdictyon*), собранные в местах их естественного произрастания на территории Казахстанского Алтая. ДНК выделяли из 3–5-дневных стерильных проростков лука с использованием лизирующего СТАВ-буфера с РНКазой А. В работе использовали PBS-праймеры для оценки генетического разнообразия различных популяций *Allium*. Оценку результатов амплификации, полученных с использованием различных PBS-праймеров, проводили в программе-макросе GenAlex 6.5 для Excel. **Результаты.** Проведен анализ полиморфизма 16 генотипов редких реликтовых и исчезающих видов *Allium* с использованием 7 PBS-праймеров. Были получены четко различимые ампликоны, количество которых варьировало в зависимости от используемого праймера. Дендрограмма, основанная на анализе UPGMA, сгруппировала изучаемые генотипы в 2 основных кластера, в один из которых вошли образцы популяции *A. altaicum*, во второй кластер вошли образцы *A. ledebourianum*. *A. microdictyon*, представленный одним образцом, не вошел ни в один кластер, в дендрограмме сформировал базальную ветвь. В результате исследований была выявлена высокая степень iPBS-полиморфизма и генетического разнообразия редких реликтовых и исчезающих видов *Allium*. **Практическая значимость.** Использование молекулярно-генетического iPBS-метода позволяет выявить высокий уровень полиморфизма, который может служить основой для идентификации различных генотипов вида *Allium*, что позволит существенно дополнить традиционные методы сохранения естественных популяций данного рода.

Ключевые слова: *Allium*, популяция, ПЦР, молекулярные маркеры, iPBS, генотип, амплификация, кластерный анализ.

Для цитирования: Райзер О. Б., Хапилина О. Н. iPBS-полиморфизм редких реликтовых и исчезающих видов *Allium*, произрастающих на территории Казахстанского Алтая // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 63–73. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-63-73.

Дата поступления статьи: 01.08.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

На сегодняшний день сохранение биологического разнообразия – одна из важнейших проблем современного мира. Основой биологического разнообразия являются его генетические ресурсы. Сокращение или исчезновение видового и генетического разнообразия представляет угрозу для воспроизводства природных экосистем. Редкие и исчезающие виды растений имеют меньшее генетическое разнообразие, чем широко распространенные, и поэтому они более подвержены угрозе исчезновения при изменении условий окружающей среды и антропогенного фактора [1, с. 1], [2, с. 223]. Изучение генетического разнообразия редких и исчезающих видов растений: внутривидового полиморфизма, генетической дифференциации популяций – в комплексе с изучением морфологии вида, биологических признаков популяции, особенностями возрастного спектра позволит наиболее точно изучить осо-

бенности редких видов растений, а значит, позволит выбрать наиболее рациональный механизм сохранения.

Применение существующих на сегодняшний день молекулярно-генетических методов исследований очень важно при выборе стратегии сохранения редких реликтовых и исчезающих видов растений, так как данные методы позволяют выявить генетическую структуру вида растений, генетическое разнообразие в популяциях и между ними, а также создать «генетические паспорта» для охраняемых видов растений с целью поддержания и сохранения биоразнообразия.

Представители рода *Allium* L. (лук) – это многолетние травянистые растения, относящиеся к подсемейству луковых (*Alliaceae*), семейству амариллисовых (*Amaryllidaceae*). Практически все виды луков являются ценными пищевыми, лекарственными или декоративными растениями, издавна заготавливаемыми человеком, что

приводит к значительному истощению запасов в природе. Род *Allium* L. представлен 750–800 видами. Это один из крупнейших родов флоры Казахстана, который включает в себя 140 видов, 21 вид из которых встречается на территории Казахстанского Алтая, Сауро-Манрака и Зайсанской котловины [3], [4, с. 279], [5, с. 3].

Среди луков довольно много редких видов, которые представляют научный интерес и являются объектами изучения с целью сохранения их биоразнообразия, а также нуждаются в экстренных охранных действиях. Одними из них являются представители рода *Allium*: *A. altaicum*, *A. ledebourianum*, *A. microdictyon*, *A. schoenoprasum*, *A. obliquum*, *A. microdictyon*. Это реликтовые растения ледникового периода, которые повсеместно сокращают свою численность из-за массового сбора для пищевого назначения. В связи с изменением среды обитания под влиянием хозяйственной деятельности человека происходит сокращение природных местонахождений луков. Бесконтрольные массовые заготовки уничтожают маточные растения, что значительно сокращает семенное возобновление этих видов и приводит к снижению их численности и ареалов распространения. В настоящее время эти виды встречаются только на труднодоступных склонах, популяции носят спорадический характер, а часть из них представлена несколькими особями. Некоторые представители рода *Allium* ввиду их высокой биологической ценности занесены в Красную книгу нескольких государств: Монголии, России, Китая. В Казахстане данные виды луковых растений являются редкими, узколокальными эндемиками. Стратегия сохранения и размножения их численности является весьма актуальной задачей в сохранении биоразнообразия природной флоры Казахстана.

Решать проблемы исчезновения данных видов в местах их природного местобитания необходимо с применением новых современных подходов и инструментов для сохранения биоразнообразия.

На сегодняшний день существует огромное количество методов исследования ДНК. В настоящий момент представители рода *Allium* изучаются с использованием различных молекулярных маркеров, таких как RAPD, ISSR, AFLP, SSR. Кроме того, секвенирован пластидный геном лука репчатого *A. sepa*. Изучена филогения дикорастущих видов *Allium* с помощью последовательностей ITS и EST [6, с. 260], [7, с. 560], [8, с. 19]. В отличие от вышеупомянутых методов, iPBS-амплификацию ДНК начали использовать относительно недавно. Данный метод заключается в использовании консервативных областей последовательностей PBS сайтов ретротранспозонов как для выявления полиморфизма в профилях транскрипции и клонирования LTR сегментов из геномной ДНК, так и для поиска в базах данных ретротранспозонов. Ввиду того что многие ретротранспозоны являются встроенными в другие ретротранспозоны и инвертированы друг к другу или фрагментированы, они могут быть доступны при использовании консервативных PBS-праймеров в амплификации ДНК для любого вида растений или животного [9, с. 14], [10], [11, с. 923], [12, с. 460]. Это позволяет использовать данный метод в качестве универсального и высокоэффективного метода для прямой детекции полиморфизма. Изучение полиморфизма как генома в целом, так и отдельных генов представляет несомненный научный и практический интерес [13, с. 3].



Рис. 1. Места сбора образцов редких реликтовых и эндемичных видов лука на территории Казахстанского Алтая
Fig. 1. Places of collection of samples of rare relict and endemic species of *Allium* in the territory of Kazakhstan Altai

Таблица 1

Характеристика образцов *Allium* на территории Казахстана Алтай

Наименование вида	Место сбора	Координаты		Высота, м над ур. м.	ID номер
		Широта	Долгота		
<i>A. altaicum</i>	Южный Алтай, хребет Тарбагатай, перевал Бурхат	49°07'33"	86°02'10"	2146	Al 1
	Хребет Калбинский (Восточная Калба), горы Коктау	49°29'37"	82°36'19"	693	Al 2
	Хребет Калбинский, урочище Талды, горы Коктау, северо-западный склон	49°29'11"	82°35'37"	707	Al 8
	Западный Алтай, хребет Убинский, юго-восточный склон, гора Порожная	50°33'33"	82°32'46"	1800	Al 9
	Южный Алтай, хребет Тарбагатай, северо-западный склон, в районе перевала Бурхат	50°33'32"	81°39'30"	786	Al 10
	Хребет Нарымский, урочище Кедровый Ключ, юго-западный склон	48°54'34"	83°44'21"	1200	Al 11
	Участок природной флоры Алтайского ботанического сада	50°19'34"	83°32'46"	774	Al 12
	Хребет Сарым-Сакты, юго-восточный щебнистый склон, Бурхат	49°07'33"	86°02'10"	2146	Al 13
	Хребет Ивановский, урочище Серый Луг, северо-западный склон	50°19'16"	83°52'51"	1800	Al 14
	Калбинский Алтай, окрестности озер Сибирских	49°24'5"	82°58'23"	987	Al 15
	Хребет Западная Листвяга, юго-восточный склон, долина реки Кондрашка	49°23'16"	85°45'18"	1585	Al 16
	Хребет Калбинский, урочище Талды, горы Коктау, юго-восточный склон	49°29'18"	82°35'44"	915	Al 17
<i>A. ledebouria-mum</i>	Южная часть хребта Линейский	50°19'12"	84°11'49"	1925	Al 6
	Хребет Ивановский, ущелье Серый Луг	50°21'27"	83°53'54"	1170	Al 20
	Юго-Западный Алтай, Проходной белок	49°07'33"	83°32'44"	774	Al 3
<i>A. microdiction</i>	Хребет Ивановский, Пихтовый лес, ущелье Серый Луг	50°20'33'	83°44'04"	1023	Al 21

Table 1

Characteristics of the *Allium* samples collected in the territory of Kazakhstan Altai

Type name	Collection place	Coordinates		Altitude, m above sea	ID
		Latitude	Longitude		
<i>A. altaicum</i>	South Altai Tarbagatai range, Burkhat passage	49°07'33"	86°02'10"	2146	Al 1
	Kalba Range (Eastern Kalba), Koktau Mountains	49°29'37"	82°36'19"	693	Al 2
	Kalba Range, Taldy Ecosite, Koktau Mountain, North-west slope	49°29'11"	82°35'37"	707	Al 8
	Ubinskiy Range, South-eastern slope, Porozhnaya Mountain	50°33'33"	82°32'46"	1800	Al 9
	South Altai Tarbagatai, North-west slope, in the area of the Burkhat passage	50°33'32"	81°39'30"	786	Al 10
	Narymskiy Range, Kedrovyy Kliuch Ecosite, South-west slope	48°54'34"	83°44'21"	1200	Al 11
	Site of natural flora of the Altai Botanical Garden	50°19'34'	83°32'46"	774	Al 12
	Sarym-Sakty Range, South-east rubble slope, Burkhat	49°07'33"	86°02'10"	2146	Al 13
	Ivanovskiy Range, Seryy Lug Ecosite, North-west slope	50°19'16"	83°52'51"	1800	Al 14
	Kalbinskiy Altai, Sibir Lakes vicinities	49°24'5"	82°58'23"	987	Al 15
	Western Listvyaga Range, south-east slope, valley of the Kondrashka River	49°23'16"	85°45'18"	1585	Al 16
	Kalba Range, Taldy Ecosite, Koktau Mountain, South-east slope	49°29'18"	82°35'44"	915	Al 17
<i>A. ledebouriamum</i>	Lineyskiy Range, South Altai	50°19'12"	84°11'49"	1925	Al 6
	Ivanovskiy Range, Seryy Lug Ecosite,	50°21'27"	83°53'54"	1170	Al 20
	Southwestern Altai, Prokhodnoy belok	49°07'33"	83°32'44"	774	Al 3
<i>A. microdiction</i>	Ivanovskiy Range, fir forest, Seryy Lug Ecosite	50°20'33'	83°44'04"	1023	Al 21

Таким образом, оценка генетического разнообразия различных популяций *Allium*, собранных в местах их естественного произрастания на территории Казахского Алтая с использованием современного молекулярно-генетического iPBS-метода амплификации ДНК, является актуальной задачей и обуславливает выбор направления исследований для сохранения и воспроизводства биологического разнообразия Казахстана. Использование этого метода позволяет выявить высокий уровень полиморфизма, который может служить основой для идентификации различных генотипов рода *Allium*, что позволит существенно дополнить традиционные методы сохранения естественных популяций данного рода [14, с. 77], [15, с. 1157].

Методология и методы исследования (Methods)

В качестве объектов исследований были использованы лекарственные, редкие реликтовые и исчезающие виды лука (*A. altaicum* – 12 образцов, *A. ledebourianum* – 3 образца, *A. microdictyon* – 1 образец), собранные в местах их естественного произрастания на территории Казахского Алтая. Сроки сбора образцов были привязаны к температурному режиму и сходу снегового покрова. Координаты и абсолютная высота местонахождения ценопопуляций, из которых был взят растительный материал, были определены с помощью GPS-навигатора. Места произрастания популяций показаны на рис. 1. Характеристика собранных образцов *Allium* представлена в таблице 1.

ДНК выделяли из 3–5-дневных стерильных проростков лука с использованием кислого лизирующего СТАВ-буфера с РНКазой А. Экстрагированную ДНК растворяли в 100 мкл 1 × ТЕ-буфера (1 мМ ЭДТА, 10 мМ Tris-HCl, pH 8,0). Концентрацию ДНК определяли спектрофотометрическим методом с использованием спектрофотометра NanoDrop1000 (Thermo Scientific).

Визуализацию экстрагированной ДНК проводили в 1-процентном агарозном геле с использованием геледокументирующей системы ChemiDoc-It2. Образцы ДНК были подготовлены в двух вариантах: маточный раствор для длительного хранения при температуре –20 °С; рабочие растворы, используемые для ПЦР в концентрации 10 нг/мкл.

В работе использовали PBS-праймеры для оценки генетического разнообразия различных популяций *Allium*. Нуклеотидные последовательности этих PBS-участков универсальны для всех ретротранспозонов и относятся к высокоповторяющимся последовательностям, характерным для высших эукариот. Последовательности используемых праймеров, комплементарных участкам различных ретротранспозонов, представлены в таблице 2.

Реакцию ПЦР проводили в объеме 20 мкл реакционной смеси, включающей 3 мкл ДНК (10 нг/мкл), 4 мкл Phire Reaction Buffer 5x с MgCl₂ 2, 1 мкл праймера (10 мМ), 0,4 мкл смеси dNTPs (10 мМ), 0,2 мкл 1 U Phire Hot Start полимеразы. Режим амплификации был следующим: предварительная денатурация при 98 °С в течение 2 минут, затем 30 циклов: 98 °С – 30 с, 50–57 °С – 1 минута с, 72 °С – 1 минута, дополнительная элонгация при 72 °С – 2 минуты. Амплификацию проводили в амплификаторе T100 Thermal Cycler (BIO RAD). Полученные продукты амплификации (ампликоны) визуализировали в 1,5-процентном агарозном геле с добавлением бромистого этидия. Размеры амплифицируемых фрагментов ДНК определяли путем сопоставления их с маркером (Thermo Scientific GeneRuler DNA Ladder Mix 100-10,000 bp). Определение длин фрагментов проводили с использованием программы Quantity One в системе геле-документации ChemiDoc-It®TS2 Imager (UVP). Уровень детектируемого полиморфизма определяли процентным отношением полиморфных ампликонов к общему числу ампликонов для каждого праймера.

Таблица 2
Последовательности используемых в работе 18-мерных PBS праймеров

ID	Последовательность 5'–3'	Температура отжига (°C)	ГЦ-состав (%)
2221	ACCTAGCTCACGATGCCA	56,9	55,6
2237	CCCCTACCTGGCGTGCCA	55,0	72,2
2240	AACCTGGCTCAGATGCCA	55,0	55,6
2249	AACCGACCTCTGATACCA	51,0	50,0
2257	CTCTCAATGAAAGCACCA	50,0	44,4
2373	GAACCTTGCTCCGATGCCA	51,0	55,6
2395	TCCCCAGCGGAGTCGCCA	52,8	72,2

Table 2
Sequences of 18-mer PBS primers used in this study

ID	Sequence 5'–3'	Annealing temperature (°C)	GC (%)
2221	ACCTAGCTCACGATGCCA	56.9	55.6
2237	CCCCTACCTGGCGTGCCA	55.0	72.2
2240	AACCTGGCTCAGATGCCA	55.0	55.6
2249	AACCGACCTCTGATACCA	51.0	50.0
2257	CTCTCAATGAAAGCACCA	50.0	44.4
2373	GAACCTTGCTCCGATGCCA	51.0	55.6
2395	TCCCCAGCGGAGTCGCCA	52.8	72.2

a)
a)b)
b)

Рис. 2. Внешний вид растений лука: а) лук мелкосетчатый (*A. microdictyon*), б) лук алтайский (*A. altaicum*)
Fig. 2. Appearance of plants: a) plants of *A. microdictyon*, b) plants of *A. altaicum*

Оценку результатов амплификации, полученных с использованием различных PBS-праймеров, проводили в программе-макросе GenAlex 6.5 для Excel с определением информативных параметров, таких как индекс информативности праймера (PIC), разнообразие аллелей (Na), эффективное число аллелей (Ne), информационный индекс Шеннона (I), ожидаемая гетерозиготность (He), наблюдаемая гетерозиготность (uHe), общее число локусов (L) [16, с. 174].

Была составлена бинарная матрица, в которой наличие фрагмента обозначалось как 1, отсутствие – как 0. Затем по результатам данной матрицы с использованием программы Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA-X) была выполнена кластеризация методом невзвешенного парно-группового усреднения (UPGMA) [17, с. 288].

Результаты (Results)

На хребтах Казахстанского Алтая в зависимости от увлажнения почвы и места произрастания выделено несколько групп ценопопуляций изучаемых видов лука *A. altaicum*, *A. ledebourianum*, *A. microdictyon* на территории юго-западной периферии Западного и Южного Алтая.

Лук Ледебур (*A. ledebourianum*) – узколокальный эндемик, гигрофит, светолюбивый обитатель мест повышенного увлажнения. В Казахстане лук Ледебур произрастает на хребтах юго-западной и юго-восточной периферии Западного Алтая (Ивановский, Ульбинский, Убинский, Линейский, Коксинский, Холзун, Листвяга), горно-лесной части хребтов Южного Алтая (Курчумский, Южный Алтай, Сарымсакты, Южноалтайский Тарбагатай) и юго-восточной периферии Центрального Алтая (Чиндогатуйские горы). Наиболее типичные места обитания: берега рек, ручьев, кочкарниковые болота, чрезмерно сырые луга, микропонижения, где скапливается значительное количество влаги в течение всего вегетационного периода.

Лук мелкосетчатый (*A. microdictyon*) – мезофит, мезогигрофит, обитающий в горно-лесных и луговых сообществах. В Казахстане лук мелкосетчатый произрастает только на хребтах казахстанского Алтая (Холзун, Ивановский, Линейский, Убинский), обрамляющих Риддерскую впадину. В Казахстанском Алтае лук мелкосетчатый находится на юго-западной периферии ареала. Ценопопуляции встречаются по северо-западным и северо-восточным склонам хребтов на тяжелых, уплотненных, суглинистых почвах, умеренно или избыточно увлажненных.

Лук алтайский (*A. altaicum*) – редкое растение, ледниковый реликт. В Казахстане лук алтайский произрастает на территории юго-западной периферии Западного Алтая, на хребтах Ивановский, Ульбинский, Убинский и Листвяга. Выделены популяции в Южном Алтае на хребтах Южный Алтай и Тарбагатай. Давольно часто встречается в Восточном Казахстане на хребтах Калбинский, Нарымский, Сарымсакты, Ульбинский и на плоскогорье Укок [18, с. 104] (рис. 2).

В результате амплификации были получены четко различимые ампликоны, количество которых варьировало в зависимости от используемого праймера. Детектируемый полиморфизм и насыщение спектров амплификации являлись критериями эффективности используемых праймеров.

В результате iPBS-анализа 16 генотипов редких реликтовых и исчезающих видов *Allium* было амплифицировано 165 фрагментов (таблица 3). Количество информативных амплифицируемых фрагментов в зависимости от праймера колебалось от 15 до 35, их размеры варьировали от 100 до 1500 п. н. Уровень полиморфизма для всех образцов коллекции составлял от 74 % до 100 %, что является достаточным для дифференциации исследуемых генотипов. Изучаемые образцы отличались индивидуальным сочетанием полиморфных амплифицированных фрагментов различного молекулярного веса.

Таблица 3

Анализ продуктов амплификации ДНК *Allium* с PBS-праймерами

ID	Амплифицированные фрагменты		Полиморфизм, %
	Всего	Полиморфных	
2221	39	35	90
2237	23	21	91
2240	25	23	92
2249	23	17	74
2257	15	15	100
2373	20	19	95
2395	20	20	100
Всего	165	150	—
Среднее	23,6	21,4	91,7

Table 3

Analysis of the *Allium* DNA amplification products with PBS primers

ID	Amplified fragments		Polymorphism, %
	Total	Polymorphic	
2221	39	35	90
2237	23	21	91
2240	25	23	92
2249	23	17	74
2257	15	15	100
2373	20	19	95
2395	20	20	100
Total	165	150	—
Average value	23.6	21.4	91.7

В результате проведения ПЦР с 7 PBS-праймерами получено 486 локусов (таблица 4). На основе этих данных рассчитаны основные показатели генетического полиморфизма, отражающие уровень изменчивости в исследуемых популяциях *Allium*. Индексы полиморфизма при использовании PBS-праймеров варьировали от 0,689 для праймера 2257 до 0,831 для праймера 2373 со средним значением 0,761. В результате проведенных исследований все изучаемые праймеры показали значения выше 0,5, что говорит об эффективности их использования при изучении генетического полиморфизма *Allium*. Информационный индекс Шеннона (I), который показывает среднюю минимальную длину уникального бинарного таксономического кода одной структурной единицы из анализируемой коллекции или выборки, варьировал от 0,271 до 0,310. Чем меньше значение I, тем стабильнее популяция, чем больше данное значение, тем больше видовое разнообразие. В ходе изучения генетического разнообразия популяций *Allium* с использованием PBS-праймеров установлено, что наблюдаемая гетерозиготность (uHe) всех популяций больше ожидаемой гетерозиготности (He), что говорит о том, что система случайного скрещивания в популяции преобладает над имбридингом.

Данные, полученные в результате амплификации с PBS-праймерами различных популяций *Allium*, были использованы для кластерного анализа и построения UPMGA-дендрограммы. *A. microdictyon*, представленный одним образцом, не вошел ни в один кластер, в дендрограмме сформировал базальную ветвь. Все остальные анализируемые образцы казахстанских популяций *Allium*

формируют два кластера (рис. 3). В первый кластер вошли образцы популяции *A. altaicum*, во второй кластер вошли образцы *A. ledebourianum*.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Лимитирующими факторами широкого распространения изучаемых видов *Allium* являются их слабая способность формировать дочерние луковицы и низкая семенная продуктивность, которая обусловлена стрессовыми факторами среды – сухим жарким летом и холодной снежной зимой. В природных местообитаниях прорастание семян идет растянуто и может занять даже несколько лет [19, с. 125]. На продуктивность оказывает влияние также густой растительный покров, не позволяющий размножаться вегетативным способом, и массовый неконтролируемый сбор населением.

В течение последних десятилетий использование молекулярных методов исследований, выявляющих полиморфизм на уровне ДНК, играет немаловажную роль в улучшении и сохранении природного биоразнообразия редких реликтовых и исчезающих видов растений. В результате изучения литературных данных установлено, что ранее исследования по генетическому разнообразию для видов *A. microdictyon*, *A. altaicum*, *A. ledebourianum* с использованием PBS-праймеров не проводились. В качестве исходной задачи предполагалось использование PBS-праймеров для выявления полиморфизма и генотипирования изучаемых образцов. Для проведения PBS-амплификации использовали праймеры, разработанные ранее Kalendar R., et al. [20, p. 1419]. Длина PBS-участков ретротранспозонов, на которые были ориентированы в обоих направлениях праймеры, не превышает 18 нуклеотидов.

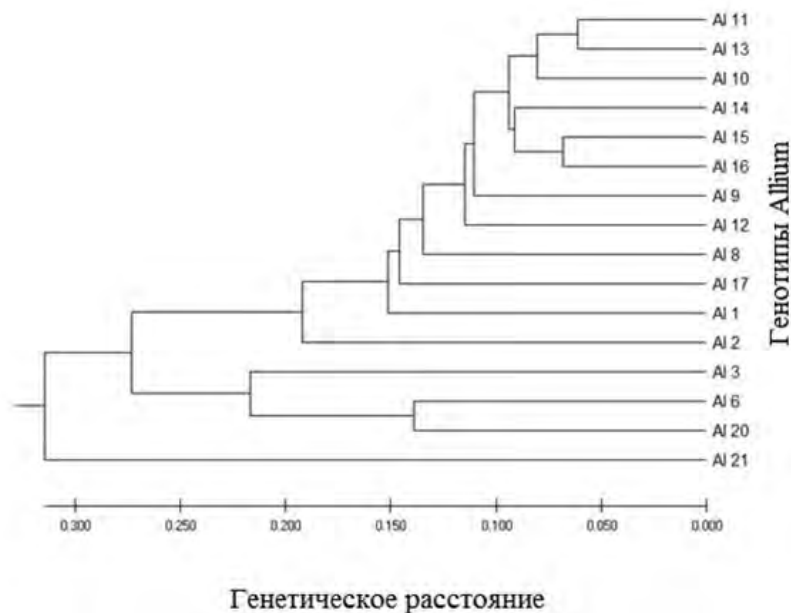


Рис. 3. Дендрограмма генетических различий 16 образцов *Allium* с использованием PBS-праймеров

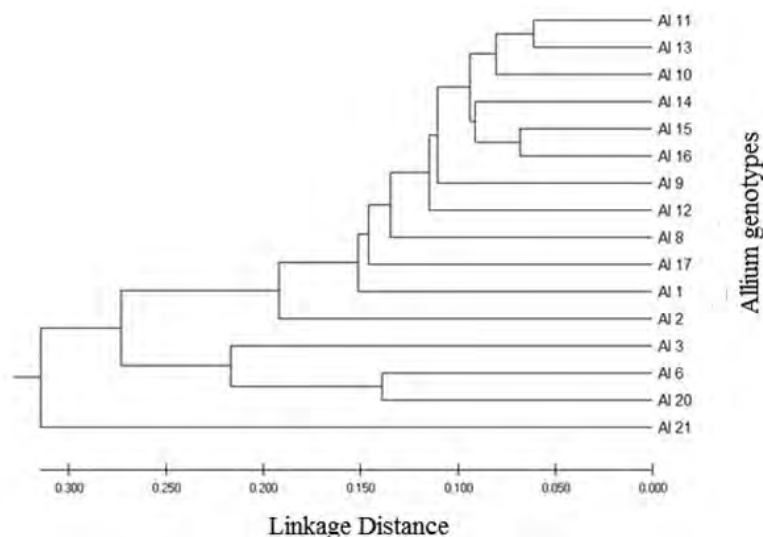


Fig. 3. Dendrogram of genetic differences of 16 *Allium* samples using PBS primers

Исследования популяций вида *Allium* с использованием PBS-праймеров показали высокий уровень полиморфизма и генетического разнообразия. Индекс полиморфизма (PIC) является важным показателем, который оценивает эффективность полиморфных локусов и определяет эффективность каждого праймера. По классификации Botstein, et al. (1980), к высокоинформативным праймерам относятся те, у которых $PIC \geq 0,5$, к среднеинформативным – имеющие значение PIC в интервале 0,5–0,25; к низкоинформативным – при $PIC \leq 0,25$ [21, с. 314]. Индексы полиморфизма при использовании PBS-праймеров варьировали от 0,689 до 0,831 со средним значением 0,761, что говорит о высокоинформативности и эффективности их использования при изучении генетического полиморфизма *Allium*. Существуют работы по анализу генетического разнообразия лука (*Allium cepa* L. и *A. regelianum*) с использованием специфических маркеров RAPD и ISSR. В этих работах значение PIC находилось в пределах 0,07–0,5 по изучаемым генотипам для RAPD-маркеров.

Значения PIC – от 0,06 до 0,26 для ISSR-маркеров по тем же генотипам [22, с. 110], [23, с. 30], [24, с. 213].

В работах по генетическому разнообразию популяций фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) на основе ретротранспозонов (iPBS) находят подтверждение наши исследования о высокоинформативности и эффективности применения PBS праймеров. Авторы использовали те же 18-нуклеотидные праймеры (2221, 2237, 2249, 2395), что и мы в наших исследованиях. Значение PIC для этих праймеров было выше 0,5 и варьировало от 0,54 до 0,91. Это подтверждает, что PIC является важным показателем, который оценивает полезность и эффективность полиморфных локусов и определяет высокую различающую способность праймеров среди изучаемых образцов [25, с. 940].

В работе Phong, et al. (2016) по разнообразию чая (*Camellia sinensis*), выращенного во Вьетнаме, авторы использовали 6 PBS-праймеров, один из них – 2373 – встречается в нашей работе. Процент полиморфизма образцов чая с использованием PBS-праймера 2373 в данном исследовании

Таблица 4

Оценка информативности PBS-праймеров по основным показателям генетического полиморфизма

Праймер	L	PIC	Na	Ne	I	He	uHe
2221	117	0,719	1,291	1,373	0,310	0,213	0,243
2237	69	0,794	1,203	1,330	0,286	0,194	0,221
2240	75	0,779	1,240	1,335	0,290	0,196	0,225
2249	69	0,746	1,290	1,363	0,309	0,211	0,243
2257	48	0,689	1,313	1,342	0,295	0,201	0,229
2373	48	0,831	1,146	1,308	0,271	0,183	0,208
2395	60	0,769	1,250	1,320	0,286	0,192	0,220
	Всего 486	Среднее 0,761			Среднее 0,292		

Table 4

Evaluation of the informative value of PBS primers by the main indicators of genetic polymorphism

Primer	L	PIC	Na	Ne	I	He	uHe
2221	117	0.719	1.291	1.373	0.310	0.213	0.243
2237	69	0.794	1.203	1.330	0.286	0.194	0.221
2240	75	0.779	1.240	1.335	0.290	0.196	0.225
2249	69	0.746	1.290	1.363	0.309	0.211	0.243
2257	48	0.689	1.313	1.342	0.295	0.201	0.229
2373	48	0.831	1.146	1.308	0.271	0.183	0.208
2395	60	0.769	1.250	1.320	0.286	0.192	0.220
	Total 486	Average value 0.761			Average value 0.292		

довании составил 88,89 %. В результате наших исследований процент полиморфизма данного праймера составил 95 % [26, с. 385].

Эффективность iPBS-метода оценивали при изучении генетической изменчивости между популяциями вида *Allium*. Оценка праймеров проводили по информационному индексу Шеннона и ожидаемой гетерозиготности. По двум этим параметрам самые высокие значения наблюдали у праймера 2221 ($I = 0.310$; $He = 0.213$), тогда как самые низкие показатели были у праймера 2373 ($I = 0.271$; $He = 0.183$). В работе Кос J., et al. (2018) при изучении генетической изменчивости *Colobanthus quitensis* с использованием iPBS-метода также представлены результаты об информативности индекса Шеннона и ожидаемой гетерозиготности. Полученные авторами данные подтверждают информативность, надежность и эффективность использования PBS-праймеров для изучения генетического разнообразия растений [27, с. 2467].

В результате исследований было выявлено, что нет связи между генетическим разнообразием и географическим происхождением образцов *Allium*, так как экотипы одного вида с разным географическим происхождением были сгруппированы каждый в отдельный кластер. Так, напри-

мер, вид *A. altaicum* сформировал отдельный кластер, в который вошли 12 экотипов из Западного и Южного Алтая, а также с участка природной флоры Алтайского ботанического сада. Вид *A. ledebourianum* также был сформирован в отдельный кластер, в который вошли экотипы из Западного, Юго-Западного Алтая.

В результате проведенных работ была сформирована коллекция PBS-праймеров, информативных для анализа исследуемых образцов, с их использованием была выявлена высокая степень полиморфизма и генетического разнообразия. Результаты исследования показали, что PBS-праймеры могут быть использованы для оценки генетического разнообразия как на межвидовом, так и на внутривидовом уровне, так как являются надежными и высокоинформативными. Использование iPBS-метода позволит решить проблему видовой идентификации редких исчезающих видов *Allium*, а также сохранения их биологического разнообразия.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа поддержана Министерством образования и науки Республики Казахстан в рамках программы финансирования исследований по проекту AP 05130404.

Библиографический список

1. Vincent H., Bornand C. N., Kempel A., Fischer M. Rare species perform worse than widespread species under changed climate // Biological Conservation. 2020. No. 246. DOI: 10.1016/j.biocon.2020.108586.
2. Трифонова А. А. Генетическое разнообразие в популяциях особо охраняемых видов растений Волгоградской области: дис. ... канд. биол. наук. М., 2018. 223 с.
3. Список видов рода лук (*Allium*) [Электронный ресурс] // The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Amayllidaceae/Allium> (дата обращения: 02.07.2020).
4. Байтенов М. С. Флора Казахстана. Т. 2. Алматы: Гылым, 2001. 279 с.

5. Котухов Ю. А., Данилова А. Н., Ануфриева О. А. Конспекты луков (*Allium L.*) Казахстанского Алтая, Сауро-Манрака и Зайсанской котловины // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2011. № 17. С. 3–33.
6. Chen S., Chen W., Shen X., Yang Y., Qi F., Liu Y., Meng H. Analysis of the genetic diversity of garlic (*Allium sativum L.*) by simple sequence repeat and inter simple sequence repeat analysis and agro-morphological traits // Biochemical Systematics and Ecology. 2014. Vol. 55. Pp. 260–267.
7. Филюшин М. А. AFLP маркирование генотипов сортов лука-порея (*Allium porrum*) // Генетика. 2011. Т. 47. № 4. С. 560–565.
8. Филюшин М. А. Анализ полиморфизма генома чеснока *Allium sativum* и родственных видов секции *Allium*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2017. 19 с.
9. Galindo-González L., Mhiri C., Deyholos M. K., Grandbastien M. LTR-retrotransposons in plants: Engines of evolution // Gene. 2017. Vol. 626. Pp. 14–25. DOI: 10.1016/j.gene.2017.04.051.
10. Li S., Ramakrishnan M., Vinod K. K., Kalendar R., Yrjälä K., Zhou M. Development and Deployment of High-Throughput Retrotransposon-Based Markers Reveal Genetic Diversity and Population Structure of Asian Bamboo // Forests. 2019. Vol. 11 (1). No. 31. Pp. 1–25. DOI: 10.3390/f11010031.
11. Yilmaz S., Marakli S., Yuzbasioglu, G., Gozukirmizi N. Short-term mutagenicity test by using IRAP molecular marker in rice grown under herbicide treatment // Biotechnology & Biotechnological Equipment. 2018. Vol. 32. Pp. 923–928. DOI: 10.1080/13102818.2018.1474137.
12. Nie Q., Qiao G., Peng L., Wen X. Transcriptional activation of long terminal repeat retrotransposon sequences in the genome of pitaya under abiotic stress // Plant Physiology and Biochemistry. 2018. Vol. 135. Pp. 460–468 DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.11.014.
13. Khapilina O. N., Daniyarov A. Z., Amenov A. A., Novakovskaya A. P., Turzhanova A. S., Tagimanova D. S., Filippova N. I., Kalendar R. N. Analysis of genetic diversity in legumes germplasm using retrotransposon based molecular markers // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2017. No. 2. Pp. 3–11. DOI: 10.11134/btp.2.2017.4.
14. Abdou R., Bakasso Y., Saadou M., Baudoin J. P., Hardy O. J. Genetic diversity of Niger onions (*Allium cepa L.*) assessed by simple sequence repeat markers (SSR) // Acta Horticulturae 1143, VII International Symposium on Edible *Alliaceae*. Nigde (Turkey), 2015. Pp. 77–90.
15. Nguyen N. H., Driscoll H. E., Specht C. D. A molecular phylogeny of the wild onions (*Allium*; *Alliaceae*) with a focus on the western North American center of diversity // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2008. Vol. 47 (3). Pp. 1157–1172.
16. Валуцких О. Е., Шадрин Д. М., Пылина Я. И. Морфологическая изменчивость и генетическое разнообразие популяций *Gymnadenia conopsea (L.) R. Br. (Orchidaceae)* на европейском северо-востоке России (Республика Коми) // Генетика. 2019. Т. 55. № 2. С. 174–191.
17. Peakall R., Smouse P.E. Genalex 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Molecular Ecology Notes. 2006. Vol. 6. No. 1. Pp. 288–295. DOI: 10.1093/bioinformatics/bts460.
18. Данилова А. Н., Котухов Ю.А. Эколого-биологические особенности лука алтайского (*Allium Altaicum Pall.*) в природных условиях юго-западной периферии Западного Алтая // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. 2006. № 2. С. 104–107.
19. Николаева М. Г. Покой семян // В книге «Физиология семян». М.: Наука, 1982. С. 125–183.
20. Kalendar R., Antonius K., Smýkal P., Schulman A. H. iPBS: a universal method for DNA Wngerprinting and retrotransposon isolation // Theoretical and Applied Genetics. 2010. Vol. 121. Pp. 1419–1430. DOI: 10.1007/s00122-010-1398-2.
21. Botstein D. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms // American Journal Human Genetics. 1980. Vol. 32. Pp. 314–331.
22. Sai Sudha G., Ramesh P., Chandra Sekhar A., Sai Krishna T., Bramhachari P.V., Riazunnisa K. Genetic diversity analysis of selected Onion (*Allium cepa L.*) germplasm using specific RAPD and ISSR polymorphism markers // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2019. Vol. 17. Pp. 110–118. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.11.007.
23. Трифонова А. А., Кочиева Е. З., Кудрявцев А. М. Низкий уровень подразделенности популяций редкого вида *Allium regellianum* A. K. Becker ex Iljin Волгоградской области на основе данных ISSR-анализа // Экологическая генетика. 2017. Т. 15. № 1. С. 30–37. DOI: 10.17816/ecogen15130-37.
24. Трифонова А. А., Кочиева Е. З., Кудрявцев А. М. Analysis of microsatellite loci variability in rare and endemic species *Allium regelianum* A. K. Becker ex Iljin // Russian Journal of Genetics. 2017. Vol. 53 (2). Pp. 213–220. DOI: 10.1134/S1022795417010124.
25. Nemli S., Kianoosh T., Tanyolac M. B. Genetic diversity and population structure of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) accessions through retrotransposon-based interprimer binding sites (iPBSs) markers // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2015. Vol. 39. Pp. 940–948. DOI: 10.3906/tar-1505-59.
26. Phong N. H., Pongnak W., Soyong K., Poemaim S., Poemaim A. Diversity of Tea (*Camellia sinensis*) Grown in Vietnam based on Morphological Characteristics and Inter-primer Binding Sites (iPBS) Marker // International Journal of Agriculture & Biology. 2016. Vol.18. No. 2. Pp. 385–392. DOI: 10.17957/IJAB/15.0100.
27. Koc J., Androsiuk P., Chwedorzewska K., Cuba-Díaz M., Górecki R., Giełwanowska I. Range-wide pattern of genetic variation in *Colobanthus quitensis* // Polar Biology. 2018. Vol. 41. Pp. 2467–2479. DOI: 10.1007/s00300-018-2383-5.

Об авторах:

Олеся Борисовна Райзер¹, магистр сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории геномики и биоинформатики растений, ORCID 0000-0003-0754-3342, AuthorID 57216895212; +7 777 880-12-02, 2008olesya@mail.ru

Оксана Николаевна Хапилина¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геномики и биоинформатики растений, ORCID 0000-0002-7256-568, AuthorID 57194829297; +7 705 749-14-75, oksfur@mail.ru

¹ Национальный центр биотехнологии, Нур-Султан, Казахстан

iPBS polymorphism of rare relict and endangered *Allium* species growing on the territory of Kazakhstan Altai

O. B. Raizer¹✉, O. N. Khapilina¹

¹ National Center of Biotechnology, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

✉E-mail: 2008olesya@mail.ru

Abstract. The purpose of the study. The estimation of genetic polymorphism of Kazakhstan populations of rare relict and endemic *Allium* species. **The novelty** of the research is the use of the modern molecular genetic iPBS (Inter-Primer Binding Site Polymorphism) method of DNA amplification to assess the genetic diversity of different populations of *Allium* sp., collected in their natural habitats in the Kazakhstan Altai. **Methods.** Samples of medicinal relict and endangered species *A. ledebourianum*, *A. altaicum*, *A. microdictyon* were collected in the places of their natural growth in the territory of the Kazakhstan Altai. DNA was isolated from 3–5 day sterile seedlings using lysis STAB buffer with RNaseA. PBS primers were used to assess the genetic diversity of different populations of *Allium* spp. The amplification results obtained using different PBS primers were evaluated in the GenAlex 6.5 macro program for Excel. **Results.** The polymorphism of 16 genotypes of the rare relict and endangered *Allium* sp. was analyzed using 7 PBS primers. Clearly distinguishable amplicons were obtained, the number of which varied depending on the primer used. The dendrogram, based on UPGMA analysis, grouped the studied genotypes into 2 main clusters, one of which included samples from the *A. altaicum* population, and the second cluster included samples from the *A. ledebourianum* population. *A. microdictyon* represented by one sample did not enter any cluster, and formed a basal branch in the dendrogram. The results of the study have revealed a high degree of iPBS polymorphism and genetic diversity in rare relict and endangered *Allium* sp. **Practical significance.** The use of the molecular genetic iPBS method allows to identify a high level of polymorphism, which can serve as a basis for the identification of various genotypes of the *Allium* sp., which will significantly supplement traditional preservation methods of natural populations of this genus.

Keywords: *Allium*, population, PCR, molecular markers, iPBS, genotype, amplification, cluster analysis.

For citation: Raizer O. B., Khapilina O. N. iPBS-polimorfizm redkikh reliktovykh i ischezayushchikh vidov *Allium*, proizrastayushchikh na territorii Kazakhstanskogo Altaya [iPBS polymorphism of rare relict and endangered *Allium* species growing on the territory of Kazakhstan Altai] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Pp. 63–73. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-63-73. (In Russian.)

Paper submitted: 01.08.2020.

References

1. Vincent H., Bornand C. N., Kempel A., Fischer M. Rare species perform worse than widespread species under changed climate // Biological Conservation. 2020. No. 246. DOI: 10.1016/j.biocon.2020.108586.
2. Trifonova A. A. Geneticheskoe raznoobrazie v populyatsiyakh osobo okhranyaemykh vidov rasteniy Volgogradskoy oblasti: dis. ... kand. biol. Nauk [Genetic diversity in populations of specially protected plant species of the Volgograd region: dis. ... cand. biol. sciences]. Moscow, 2018. 223 p. (In Russian.)
3. Spisok vidov roda luk (*Allium*) [List of species of the genus onion (*Allium*)] [e-resource] // The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/AmaryllidaceaeAllium> (appeal date: 02.07.2020). (In Russian.)
4. Baytenov M. S. Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. T. 2. Almaty: Gylym, 2001. 279 p. (In Russian.)
5. Kotukhov Yu. A., Danilova A. N., Anufrieva O. A. Konspekty lukov (*Allium* L.) Kazakhstanskogo Altaya, Sauro-Manraka i Zaysanskoy kotloviny [abstract of bows (*Allium* L.) of Kazakhstan Altai, Sauro-Manrak and Zaysan depression] // Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazakhstana. 2011. No. 17. Pp. 3–33. (In Russian.)
6. Chen S., Chen W., Shen X., Yang Y., Qi F., Liu Y., Meng H. Analysis of the genetic diversity of garlic (*Allium sativum* L.) by simple sequence repeat and inter simple sequence repeat analysis and agro-morphological traits // Biochemical Systematics and Ecology. 2014. Vol. 55. Pp. 260–267.
7. Filyushin M. A. AFLP markirovanie genotipov sortov luka-poreya (*Allium porrum*) [AFLP marking of genotypes of leek varieties (*Allium porrum*)] // Russian Journal of Genetics. 2011. T. 47. No. 4. Pp. 560–565. (In Russian.)
8. Filyushin M. A. Analiz polimorfizma genoma chesnoka *Allium sativum* i rodstvennykh vidov sekcii *Allium*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Analysis of polymorphism of the genome of garlic *Allium sativum* and related species of the section *Allium*: abstract of dis. ... cand. biol. sciences]. Moscow, 2017. 19 p. (In Russian.)

9. Galindo-González L., Mhiri C., Deyholos M. K., Grandbastien M. LTR-retrotransposons in plants: Engines of evolution // *Gene*. 2017. Vol. 626. Pp. 14–25. DOI: 10.1016/j.gene.2017.04.051.
10. Li S., Ramakrishnan M., Vinod K. K., Kalendar R., Yrjälä K., Zhou M. Development and Deployment of High-Throughput Retrotransposon-Based Markers Reveal Genetic Diversity and Population Structure of Asian Bamboo // *Forests*. 2019. Vol. 11 (1). No. 31. Pp. 1–25. DOI: 10.3390/f11010031.
11. Yilmaz S., Marakli S., Yuzbasioglu, G., Gozukirmizi N. Short-term mutagenicity test by using IRAP molecular marker in rice grown under herbicide treatment // *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2018. Vol. 32. Pp. 923–928. DOI: 10.1080/13102818.2018.1474137.
12. Nie Q., Qiao G., Peng L., Wen X. Transcriptional activation of long terminal repeat retrotransposon sequences in the genome of pitaya under abiotic stress // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018. Vol. 135. Pp. 460–468. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.11.014.
13. Khapilina O. N., Daniyarov A. Z., Amenov A. A., Novakovskaya A. P., Turzhanova A. S., Tagimanova D. S., Filippova N. I., Kalendar R. N. Analysis of genetic diversity in legumes germplasm using retrotransposon based molecular markers // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. 2017. No. 2. Pp. 3–11. DOI: 10.11134/btp.2.2017.4.
14. Abdou R., Bakasso Y., Saadou M., Baudoin J. P., Hardy O. J. Genetic diversity of Niger onions (*Allium cepa* L.) assessed by simple sequence repeat markers (SSR) // *Acta Horticulturae* 1143, VII International Symposium on Edible *Alliaceae*. Nigde (Turkey), 2015. Pp. 77–90.
15. Nguyen N. H., Driscoll H. E., Specht C. D. A molecular phylogeny of the wild onions (*Allium*; *Alliaceae*) with a focus on the western North American center of diversity // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2008. Vol. 47 (3). Pp. 1157–1172.
16. Valuyskikh O. E., Shadrin D. M., Pylina Ya. I. Morfologicheskaya izmenchivost' i geneticheskoe raznoobrazie populyatsiy *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. (*Orchidaceae*) na evropeyskom severo-vostoke Rossii (Respublika Komi) [Morphological variability and genetic diversity of populations of *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. (*Orchidaceae*) in the European northeast of Russia (Komi Republic)] // *Russian Journal of Genetics*. 2019. T. 55. No. 2. Pp. 174–191. (In Russian.)
17. Peakall R., Smouse P.E. Genalex 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // *Molecular Ecology Notes*. 2006. Vol. 6. No. 1. Pp. 288–295. DOI: 10.1093/bioinformatics/bts460.
18. Danilova A. N., Kotukhov Yu. A. Ekologo-biologicheskie osobennosti luka altayskogo (*Allium Altaicum* Pall.) v prirodnykh usloviyakh yugo-zapadnoy periferii Zapadnogo Altaya [Ecological and biological features of the Altai onion (*Allium Altaicum* Pall.) in the natural conditions of the southwestern periphery of Western Altai] // *Bulletin of the National Academy of Science Republic of Kazakhstan*. 2006. No. 2. Pp. 104–107. (In Russian.)
19. Nikolaeva M. G. Pokoy semyan [Seed dormancy] // In book *Fiziologiya semyan*. Moscow: Nauka, 1982. Pp. 125–183. (In Russian.)
20. Kalendar R., Antonius K., Smýkal P., Schulman A. H. iPBS: a universal method for DNA Wngerprinting and retrotransposon isolation // *Theoretical and Applied Genetics*. 2010. Vol. 121. Pp. 1419–1430. DOI: 10.1007/s00122-010-1398-2.
21. Botstein D. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms // *American Journal Human Genetics*. 1980. Vol. 32. Pp. 314–331.
22. Sai Sudha G., Ramesh P., Chandra Sekhar A., Sai Krishna T., Bramhachari P.V., Riazunnisa K. Genetic diversity analysis of selected Onion (*Allium cepa* L.) germplasm using specific RAPD and ISSR polymorphism markers // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019. Vol. 17. Pp. 110–118. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.11.007.
23. Trifonova A. A., Kochieva E. Z., Kudryavtsev A. M. Nizkiy uroven' podrazdelenosti populyatsiy redkogo vida *Allium regellianum* A. K. Becker ex Iljin Volgogradskoy oblasti na osnove dannykh ISSR-analiza // *Ekologicheskaya genetika* [Low subdivision of populations of the rare species *Allium regellianum* A. K. Becker ex Iljin in the Volgograd region based on ISSR analysis data]. 2017. T. 15. No. 1. Pp. 30–37. DOI: 10.17816/ecogen15130-37. (In Russian.)
24. Trifonova A. A., Kochieva E. Z., Kudryavtsev A. M. Analysis of microsatellite loci variability in rare and endemic species *Allium regelianum* A. K. Becker ex Iljin // *Russian Journal of Genetics*. 2017. Vol. 53 (2). Pp. 213–220. DOI: 10.1134/S1022795417010124.
25. Nemli S., Kianoosh T., Tanyolac M. B. Genetic diversity and population structure of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) accessions through retrotransposon-based interprimer binding sites (iPBSs) markers // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2015. Vol. 39. Pp. 940–948. DOI: 10.3906/tar-1505-59.
26. Phong N. H., Pongnak W., Soyong K., Poem S., Poem A. Diversity of Tea (*Camellia sinensis*) Grown in Vietnam based on Morphological Characteristics and Inter-primer Binding Sites (iPBS) Marker // *International Journal of Agriculture & Biology*. 2016. Vol. 18. No. 2. Pp. 385–392. DOI: 10.17957/IJAB/15.0100.
27. Koc J., Androsiuk P., Chwedorzewska K., Cuba-Díaz M., Górecki R., Gielwanowska I. Range-wide pattern of genetic variation in *Colobanthus quitensis* // *Polar Biology*. 2018. Vol. 41. Pp. 2467–2479. DOI: 10.1007/s00300-018-2383-5.

Authors' information:

Olesya B. Raizer¹, master of agricultural sciences, researcher of laboratory of plant genomics and bioinformatics, ORCID 0000-0003-0754-3342, AuthorID 57216895212; +7 777 880-12-02, 2008olesya@mail.ru

Oksana N. Khapilina¹, candidate of biological sciences, leading researcher of laboratory of plant genomics and bioinformatics, ORCID 0000-0002-7256-568, AuthorID 57194829297; +7 705 749-14-75, oksfur@mail.ru

¹ National Center of Biotechnology, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

Цифровой вектор во взаимодействии субъектов аграрного производства

Л. А. Головина¹, М. М. Кислицкий^{1✉}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве – филиал Федерального научного центра аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийского научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

✉ E-mail: mmk-sience@yandex.ru

Аннотация. Современный этап развития общественных и экономических отношений во всех сферах жизнедеятельности характеризуется усилением структурно-технологических сдвигов, что обуславливает актуальность и необходимость применения цифровых технологий. Их использование в аграрном производстве, экономике и управлении позволяет сокращать издержки в условиях снижения цен на аграрных рынках. **Цель исследования** заключается в определении цифровых направлений во взаимодействии субъектов аграрного производства на современном этапе и в обозримой перспективе. **Задачи исследования:** на основе анализа урожайности зерновых в России с 1795 по 2019 гг. определить место цифровизации в общей технологической структуре сельскохозяйственного производства; выделить цифровые технологии, обеспечивающие на современном этапе развития целесообразное взаимодействие организаций аграрной сферы; обозначить современную и перспективную роль цифровых технологий в обеспечении оптимального взаимодействия организаций. **Научная новизна и практическая значимость результатов исследования.** На основе клиометрического анализа урожайности зерновых в России за период с 1795 по 2019 гг. выявлено три этапа устойчивых десятилетних средних ее значений; через соотношение форм технологического взаимодействия наиболее характерный данному формату вектор – цифровизация; определены роль и значение цифровых технологий во взаимодействии организаций аграрной.

Ключевые слова: технико-экономическое взаимодействие, цифровизация, аграрное производство, клиометрический анализ, урожайность.

Для цитирования: Головина Л. А., Кислицкий М. М. Цифровой вектор во взаимодействии субъектов аграрного производства // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 74–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-74-82.

Дата поступления статьи: 20.07.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Структурно-технологические сдвиги в различных сферах жизнедеятельности усиливают значение цифровых технологий. В аграрной сфере их применение на современном этапе позволяет получить конкурентное преимущество, связанное с сокращением издержек в условиях снижения цен на глобальном агропродовольственном рынке.

Актуальность темы исследования определяется и тем, что в современных условиях развития рыночных отношений у аграриев возникает потребность в получении новой информации, в т. ч. об инновационных разработках и передовом производственном опыте, эффективное использование которых позволяет перевести производство на более высокий организационный и технологический уровень [5, с. 5].

Большое значение применения цифровых технологий в аграрном производстве обусловлено и необходимостью ответа как глобальной, так и большинства национальных экономик на современные вызовы и угрозы. Основными вызовами и угрозами в аграрной сфере сегодня являют-

ся голод, снижение цен на сельскохозяйственное сырье и продовольствие, изменение климата (в т. ч. интенсификация деградации земель сельскохозяйственного назначения) и т. д. [1, с. 36], [2, с. 16], [11, с. 117].

Значимым аспектом актуальности темы исследования является свойство цифровых технологий, связанное с практической реализацией концепции открытого управления, что позволяет обеспечить паритетность межотраслевых экономических отношений в АПК [15, с. 54], [16, с. 24].

Цифровые технологии в сферах производства, экономики, управления формируют новую культуру. Значение культуры в системе экономико-производственных отношений является основополагающим ее значением для внедрения новых технологий и изменением социокультурной среды в организации [6, с. 120], [7, с. 106], [8–10], [19].

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследования являются цифровые технологии взаимодействия организаций аграрной сферы, рассмотренные на примере зернового производства.

Предмет исследования определяется отношениями, возникающими в ходе цифровизации процессов взаимодействия субъектов аграрного производства.

Цель исследования заключается в определении роли и места цифровых технологий в технико-экономическом взаимодействии организаций аграрной сферы на современном этапе и в обозримой перспективе.

Задачи исследования:

- 1) на основе анализа урожайности зерновых в России с 1795 по 2019 гг. определить место цифровизации в общей технологической структуре сельскохозяйственного производства;
- 2) выделить цифровые технологии, обеспечивающие на современном этапе развития целесообразное взаимодействие организаций аграрной сферы;

Таблица 1

Краткий ретроспективный обзор технологий обработки почвы

Технология	Характеристика
Посев в лунки	Орудие труда: палка с заостренным концом, мотыга. Удобрение: древесная зола. Технология: поджигался лес на месте будущего посева, образовывался слой золы, который уничтожал сорняки и обеспечивал удобрение. Заостренной палкой в почве делалась маленькая лунка для зерен
Обработка сохой	Орудие труда: соха. Удобрение: древесная зола. Технология: соху тянули люди и животные, формируя узкую борозду, далее борозду засыпали вручную
Плужная обработка	Орудие труда: плуг, борона. Удобрение: древесная зола. Технология: вспашка на глубину, на которой погибали сорняки, далее посев зерна вручную и боронирование для заделки зерна в почву
Развернутая технология	Орудие труда: трактор, плуг, борона, сельскохозяйственные агрегаты. Удобрение: навоз, минеральные удобрения и др. Технология: вспашка, ряд культиваций, боронирование, выравнивание перед посевом
Безотвальная обработка	Орудие труда: трактор, чизельные рыхлители, дисковый безотвальный плуг. Удобрение: минеральные удобрения, гербициды и др. Технология: рыхление почвы на глубину 10–15 см без отвала почвенных пластов и применение гербицидов для борьбы с сорняками
Минимальная обработка	Аналогична безотвальной обработке с уменьшением глубины рыхления, которая равна глубине заделки семян
Нулевая обработка	Орудие труда: сеялка. Удобрение: естественные отходы биоценоза. Технология: почва не обрабатывается. Воздействие на почву оказывает только сеялка

Источник: разработано авторами.

Table 1

A brief retrospective review of tillage technologies

Technology	Characteristic
Sowing in the holes	Tool: stick with a pointed end; hoe. Fertilizer: wood ash. Technology: a forest was set on fire, at the site of the future sowing, a layer of ash was formed which destroyed weeds and provided fertilization. A small stick for grains was made with a pointed stick in the soil
Soil cultivation hoe	Tool: plow. Fertilizer: wood ash. Technology: people or animals pulled the plow forming a narrow furrow, then the furrow was filled up manually
Plow tillage	Tool: plow, harrow. Fertilizer: wood ash. Technology: plowing to a depth at which weeds died, then sowing grain by hand and harrowing to plant grain in the soil
Detailed	Tools: tractor, plow, harrow, agricultural units. Fertilizer: manure, mineral fertilizers, etc. Technology: plowing, a number of cultivations, harrowing, leveling before sowing
Subsurface	Tools: tractor, chisel cultivators, disc non-moldboard plow. Fertilizer: mineral fertilizers, herbicides, etc. Technology: loosening the soil to a depth of 10–15 cm. Without dumping soil layers and the use of herbicides for weed control
Minimal processing	It is similar to Subsurface Treatment with a decrease in the depth of cultivation, which is equal to the depth of seed placement
Zero processing	Tool: seeder. Fertilizer: natural biocenosis waste. Technology: the soil is not cultivated. The impact on the soil has only a seeder

Source: developed by the authors.

3) обозначить современную и перспективную роль цифровых технологий в обеспечении оптимального взаимодействия организаций.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследования:

1) на основе клиометрического анализа урожайности зерновых в России за период с 1795 по 2019 гг. выявлено три этапа устойчивых десятилетних средних ее значений;

2) через соотношение форм технологического взаимодействия наиболее характерный данному формату вектор – цифровизация;

3) определены роль и значение цифровых технологий во взаимодействии организаций аграрной.

Методология исследования основана на инструментальной институционального, клиометрического, технологического, производственного, отраслевого, цифрового подходов.

В ходе исследования применялся комплекс общенаучных методов исследования: абстрактно-логический, расчетно-конструктивный, графический, монографический и другие.

Результаты (Results)

Роль и место цифровых технологий в технико-экономическом взаимодействии организаций аграрной сферы в ходе исследования изучалось через анализ структурной связи традиционных технологий аграрного производства и цифровых.

В качестве объективного показателя был выбран показатель урожайности зерновых.

Десятилетние средние значения урожайности зерновых в России с 1795 по 2019 гг. представлены на рис. 1.

Анализируя данные, представленные на рис. 1, можно сделать вывод, что повышение среднего значения урожайности зерновых в России до устойчивых значений произошло в три этапа:

1) 1795–1950 гг. до 6 ц/га;

2) 1951–2000 гг. до 15 ц/га;

3) 2001–2019 гг. до 24 ц/га.

Проведенный в ходе исследования анализ показателей урожайности зерновых в России в период с 1795 по 2019 гг. выявил зависимость урожайности от развития технологий обработки почвы. В связи с этим целесообразно провести ретроспективный обзор технологий обработки почвы.

Краткий ретроспективный обзор технологий обработки почвы представлен в таблице 1.

Содержание рис. 1 и таблицы 1 позволяет сделать следующие выводы:

1. Технологии обработки почвы различаются применением различных машинных комплексов, позволяющих обеспечить оптимальные условия максимизации урожайности различных сортов сельскохозяйственных культур.

2. Несмотря на развитие технологий, в практике сельскохозяйственного производства применяются различные технологии в различных формах хозяйствования, в т. ч. и устаревшие.

3. Значительный рост урожайности зерновых в России с 1950-х гг. по настоящее время обусловлен как развитием технологий обработки почвы, так и появлением и использованием технологий smart-управления сельскохозяйственными машинами и в целом сельскохозяйственным производством.

4. Повышение урожайности с 1950-х гг. по настоящее время обусловлено и развитием экономического взаимодействия субъектов АПК: формированием межхозяйственных машинно-тракторных станций, развитием потребительской кооперации, укрупнением колхозов и совхозов, формированием агрохолдингов и т. д.

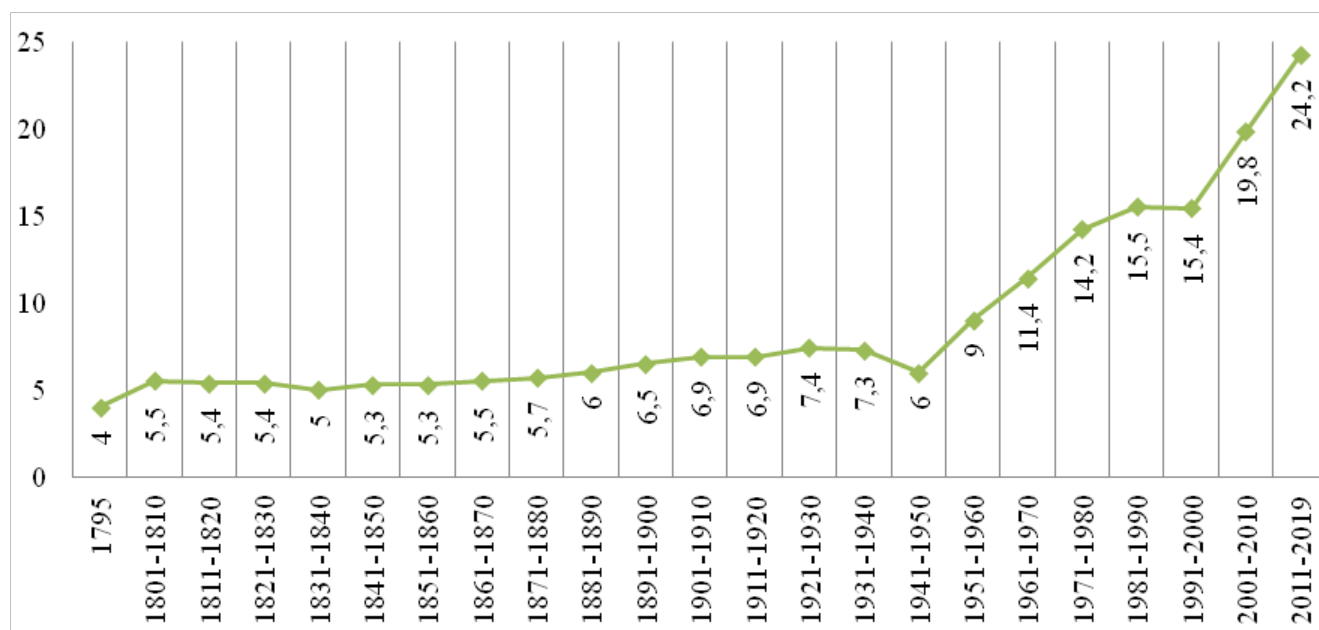


Рис. 1. Десятилетние средние значения урожайности зерновых в России с 1795 по 2019 гг., ц/га

Источник: авторская разработка на основе данных Росстата и [12].

Fig. 1. The ten-year average values of grain yield in Russia from 1795 to 2019, c/ha

Source: authoring based on data from Rosstat and [12]

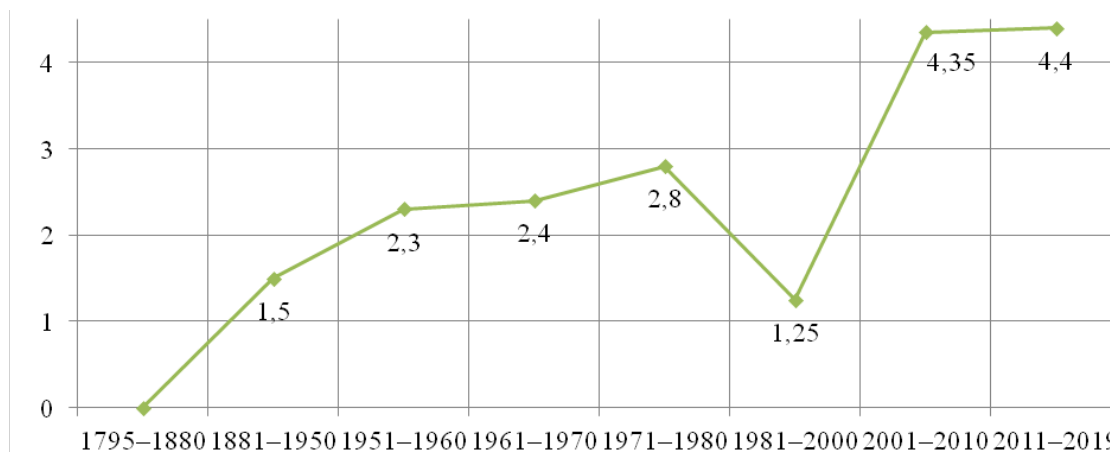


Рис. 2. Динамика прироста десятилетнего среднего значения урожайности зерновых в России с 1795 по 2019 гг. (с объединением периодов имеющих устойчивые одноразрядные значения), ц/га

Источник: разработано и рассчитано авторами на основе данных рис. 1

Fig. 2. Growth dynamics of the ten-year average value of grain yield in Russia from 1795 to 2019 (with the combination of periods having stable single-digit values), c/ha

Source: developed and calculated by the authors based on the data in fig. 1

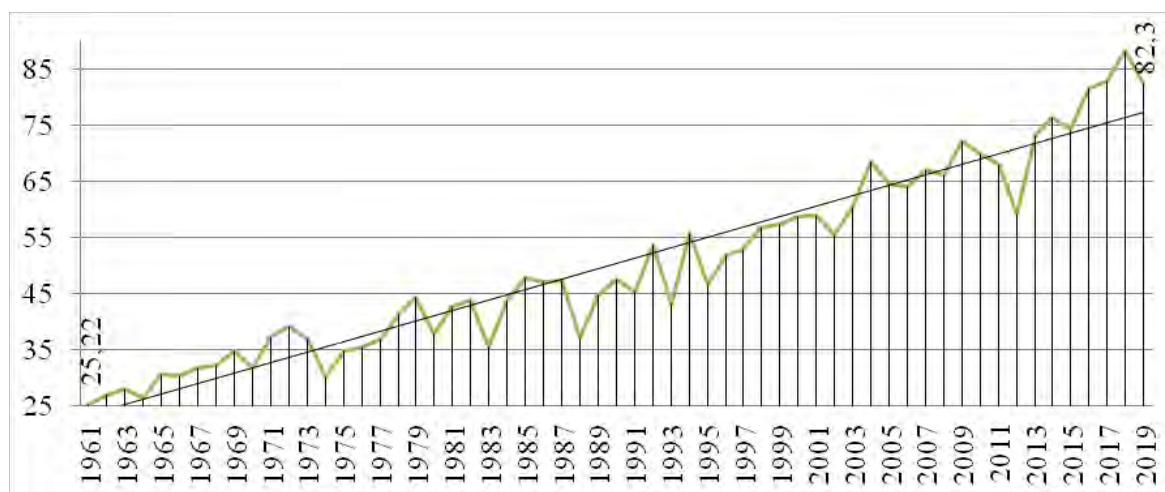


Рис. 3. Динамика урожайности зерновых в США с 1961 по 2019 гг., ц/га

Источник: составлено авторами по данным Всемирного банка и Национальной службы сельскохозяйственной статистики Министерства сельского хозяйства США

Fig. 3. Dynamics of grain crops in the United States from 1961 to 2019, c/ha

Source: compiled by the authors according to the World Bank and the National Agricultural Statistics Service of the US Department of Agriculture

Оценить эффект применения новых технологий в зерновом подкомплексе АПК и совершенствования экономического взаимодействия организаций АПК можно на основе анализа прироста урожайности (рис. 2).

Анализ данных, представленных на рис. 2, свидетельствует о следующих фактах:

1. Резкое снижение темпа прироста урожайности в период 1981–2000 гг. связан со структурными сдвигами, вызванными распадом СССР и становлением рыночной экономической модели хозяйствования (подробнее см. [10]). Структурные сдвиги в сельском хозяйстве разорвали экономические связи, нарушив производственный баланс, снизив уровень контроля над соблюдением технологических процессов, стандарты взаимодействия и расчетов.

2. Резкое повышение показателей урожайности в период с 2001 г., превышающее почти в 2 раза значения докризисного 20-летия, связано с активной первичной цифровизацией сельскохозяйственного производства, а именно

с применением «умной» сельскохозяйственной техники, агрегатов, а также цифровых программных продуктов.

Следует уточнить, что в рамках данного исследования под цифровыми технологиями понимаются технологии, основанные на электронно-вычислительных алгоритмах и представляющие собой системы управления, хранения, анализа больших данных и выработки проектов решений, технологических карт, инструкций и т. д.

К цифровым технологиям относят большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, технологии распределенного реестра (блокчейн), квантовые технологии, новые производственные технологии (PML, CAF и др.), промышленный интернет, компоненты роботизации и сенсорики, технологии беспроводной связи, технологии визуальной и дополненной реальности. Обозначенные основные цифровые технологии состоят из более чем 100 субтехнологий, находящихся самостоятельное и комплексное применение.

Цифровые технологии в производстве сельскохозяйственной продукции играют роль инфраструктуры. Их применение позволяет повысить точность применения технологий в растениеводстве и животноводстве. Они позволяют производителям сельскохозяйственной продукции перейти к применению наилучших доступных технологий, установленных федеральным регистром.

Рассматривая перспективы развития цифровых технологий в сфере аграрного производства, следует отметить высокий потенциал их развития. Это демонстрирует анализ урожайности зерновых в США с 1961 по 2019 гг. (рис. 3).

Из данных рис. 3 видно, что США достигли уровня урожайности, соответствующего актуальному для РФ, в 1961 г. В данном контексте интересен тот факт, что цифровые технологии (в понимании упрощения и сокращения человеческого труда) вошли в экономико-производственную практику в США с начала 1950-х гг., что во многом обеспечило повышение уровня урожайности за почти 70 лет более чем в 3 раза. В 1961 г. в России урожайность зерновых была почти в 2,4 раза ниже показателя США.

Несмотря на существенный рост урожайности в России за последние два десятилетия, необходимо признать, что применение цифровых технологий как в сельскохозяйственном производстве, так и в организации экономического взаимодействия организаций АПК не является массовым. Также применяются не самые передовые цифровые технологии и программные решения, созданные на их основе. 30 % отечественного сельскохозяйственного производства требует перевооружения, модернизации, новых технологий [5, с. 4]. Такая ситуация определяет необходимость разработки отечественных решений на основе цифровых технологий. В качестве примера отечественных программно-цифровых продуктов в сфере повышения урожайности сельскохозяйственных культур можно привести систему «Телеагроном», которая позволяет повы-

сить урожайность зерновых на 12–40 %, увеличить долю белка зерна на 30 %, улучшить фитосанитарные характеристики почвы на 5 %.

В сфере управления цифровые технологии приобретают центральную роль за счет внедрения высокотехнологичных программных платформ (систем) сбора, хранения, обработки данных и формирования проектов управленческих решений. Пока они не учитывают всех без исключения особенностей управления ввиду значительного влияния человеческого фактора, но с переходом к производству в формате «Индустрия 4.0» (предполагающего исключение человеческого труда из производственных процессов) возможно и полностью автоматизированное управление.

Особую роль цифровые технологии отводят в производственно-экономической деятельности хозяйствующих субъектов АПК специалистам ИТ-профиля. Это связано с особенностями реализации цифровых технологий на практике. Но специфика производства сельскохозяйственного сырья и продовольствия не позволяет исключить традиционные специальности полностью, такие как агроном, зоотехник и т. д. В перспективе такие специалисты сельскохозяйственного профиля будут выпускаться, имея профессиональные компетенции в сфере как аграрного производства, так и цифровых технологий (сфере ИТ).

Экономическая сфера функционирования организаций АПК существенно трансформируется под воздействием процесса цифровизации. Цифровые технологии в экономической деятельности организации, как и в управлении, играют главенствующую роль. Сегодня широко применяются smart-системы различного вида учета, реализуются на практике системы прослеживаемости движения ресурсов, продукции. Планирование, учет и отчетность, документооборот, расчеты, другие виды экономической деятельности функционируют сегодня на основе информационно-цифровых решений.

Таблица 2
Перспективы капитализации рынков цифровых технологий сельскохозяйственного направления, млрд долл. США

Технология	Год	Прогнозный показатель рынка
Смарт-земледелие	2022	23,14
Гидро- и аквапоника	2022	1,72
Интернет вещей (IoT)	2023	28,64
Сельскохозяйственные роботы	2023	10,79
Биоразлагаемый пластик	2023	1,11
Беспилотники	2025	6,33

Источник: составлено авторами на основе [3].

Table 2
Prospects for the capitalization of digital agricultural technology markets, billion US dollars

Technology	Year	Market Forecast
Smart farming	2022	23.14
Hydro and aquaponics	2022	1.72
Internet of Things (IoT)	2023	28.64
Agricultural robots	2023	10.79
Biodegradable plastic	2023	1.11
Drones	2025	6.33

Source: compiled by the authors based on [3].

Исследуя современную и перспективную роль цифровых технологий в обеспечении экономического взаимодействия организаций АПК целесообразно привести данные по оценке перспективной капитализации профильных рынков (таблица 2), произведенную Институтом проблем рынка РАН.

Представленные в таблице 2 данные не носят исчерпывающего характера, т. к. в ней отражены не все рынки цифровых технологий сельскохозяйственного профиля, но позволяют оценить эффект от цифровизации сельскохозяйственного производства, если учесть, что отраслевой коэффициент мультипликации равен 5 [17].

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства и в целом АПК цифровые технологии занимают центральное место в организации экономического взаимодействия организаций АПК (таблица 3).

Исходя из многолетних исследований, проведенных в рамках научно-исследовательских работ ВНИОПТУСХ – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, и анализа современной практики можно в качестве научной новизны в рамках форм экономического взаимодействия организаций АПК выделить цифровизацию (как показано в таблице 3).

Таким образом, значение цифровизации в аграрной сфере возрастает, т. к. фиксируется переход на качественный уровень организации отношений. Цифровизация как

процесс характеризуется технико-технологическими параметрами, как форма экономического взаимодействия – комплексом организационно-экономических отношений, а следовательно, и степенью влияния на работу хозяйствующих субъектов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Применение цифровых технологий в аграрном секторе экономики определяют перспективы трансформации глобальных и национальных агропродовольственных систем [13, с. 75-83; 14, с. 318], что подтверждается результатами, полученными ранее [4, с. 48-70; 6, с. 120-125; 7, с. 55-77; 11, с. 116-120; 18].

Экономическое взаимодействие организаций АПК посредством цифровых технологий является в России перспективным инструментом ввиду отсутствия у большинства организаций средств для модернизации производства и внедрения новых технологий. По данным Минсельхоза России, около 85 % сельскохозяйственных организаций имеют рентабельность ниже показателя расширенного воспроизводства.

Подводя итог проведенным исследованиям, следует отметить, что цифровые технологии являются определяющими в системе экономического взаимодействия организаций АПК как в отраслевом (производственном), так и в системном (национальном) аспектах.

Таблица 3
Краткая характеристика цифровых технологий экономического взаимодействия организаций АПК

Направление	Форма организации	Цифровые продукты и платформы
Кооперация	Сельскохозяйственный кооператив, потребительское общество и др.	Мобильные приложения; программы учета
Интеграция	Агрохолдинг	Сетевые платформы учета, расчетов; платформы взаимодействия с контрагентами; интернет-сайты взаимодействия с малым бизнесом
Ассоциация	Отраслевые союзы, ассоциации, некоммерческие партнерства	Коммуникационные сервисы; аналитические программы
Проектная деятельность	Государственно-частное партнерство; межхозяйственные бизнес- и социальные проекты и др.	Государственные информационные системы; информационно-справочные интернет-платформы
Хозяйственный договор	Контракты (договоры)	Smart-контракты, торгово-информационные платформы
Цифровизация	Виртуальное (удаленное) взаимодействие	Мастерчейн

Источник: авторская разработка.

Table 3
Brief description of digital technologies of economic interaction of agricultural organizations

Direction	Organization form	Digital products and platforms
Cooperation	Agricultural cooperative, consumer society, etc.	Mobile applications; accounting programs
Integration	Agricultural holding	Network platforms of accounting, calculations; platforms for interaction with counterparties; small business interaction websites
Association	Industry unions, associations, nonprofit partnerships	Communication services; analytical programs
Project management	Public private partnership; inter-farm business and social projects, etc.	State information systems; online reference platforms
Business agreement	Contracts	Smart contracts, trading and information platforms
Digital interaction	Virtual (remote) interaction	Masterchain

Source: developed by the authors.

Роль цифровых технологий в экономическом взаимодействии организаций АПК определяется возможностями их устойчивого развития, приобретения конкурентных преимуществ, сокращением себестоимости продукции и т. д. В данном аспекте можно сформулировать ряд практических рекомендаций субъектам аграрного производства по цифровизации процессов производства, управления и экономического взаимодействия:

1) организовать повышение квалификации всего трудового коллектива по тематике применения передовых производственных технологий, цифровизации производства и управления, формирования новых форм экономического взаимодействия. Организация такого обучения возможна в рамках национального проекта «Цифровая экономика», предполагающего обучение к 31.12.2024 г. 270 тыс. работающих специалистов, через центры повышения квали-

фикации университетов. Такое обучение осуществляется в инициативном порядке;

2) создать цифровые двойники производства, бизнес-проекты и процессы с учетом научно обоснованной территориально-отраслевой специализации сельскохозяйственного производства. Реализация данной рекомендации возможна на базе цифрового полигона созданного в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого;

3) создать интернет-платформу для взаимодействия с поставщиками, контрагентами и потребителями с интеграцией в их функционирование контрольно-учетных программ (например, на базе решений компании «1С»);

4) участвовать в мероприятиях национального проекта и государственной программы, посвященных развитию цифровой экономики.

Библиографический список

1. Агропромышленный комплекс: стратегические инициативы: монография / В. В. Милосердов, А. Н. Семин, Ю. Р. Лутфуллин, М. М. Кислицкий. М. : Фонд «Кадровый резерв», 2016. 630 с.
2. Агропродовольственный сектор России в условиях «больших вызовов»: проблемы, риски, новые возможности: монография / А. И. Алтухов, А. Н. Семин, Е. И. Семенова, М. М. Кислицкий, А. Е. Бородин. М.: Фонд «Кадровый резерв», 2019. 416 с.
3. Анищенко А. Н. «Умное» сельское хозяйство как перспективный вектор роста аграрного сектора экономики России // Продовольственная политика и безопасность. 2019. № 2. С. 97–107. DOI: 10.18334/ppib.6.2.41384.
4. Головина Л. А., Кислицкий М. М., Логачева О. В. Развитие агробизнеса субъектов Центрального макрорегиона в координатах императивов пространственной трансформации экономики // ЭТАП: Экономическая Теория, Анализ, Практика. 2020. № 1. С. 47–76. DOI: 10.24411/2071-6435-2020-10003.
5. Кибиров А. Я., Кулов А. Р., Хаирбеков А. У. Экономическое взаимодействие субъектов АПК и их адаптация к условиям глобализации и интегративных процессов // Теория и практика мировой науки. 2019. № 3. С. 2–7.
6. Кислицкий М. М., Логачева О. В. Трансформация социально-экономических практик сельского населения под воздействием цифровых структурно-технологических изменений в сельскохозяйственных организациях // ЭТАП: Экономическая Теория, Анализ, Практика. 2019. № 3. С. 119–129. DOI: 10.24411/2071-6435-2019-10094.
7. Кислицкий М. М. Трансформация условий и экономических отношений в системе обеспечения населения продовольствием: монография. М.: ВНИИЭСХ, 2018. 260 с.
8. Лутфуллин Ю. Р. Рынок и культура управленческой деятельности в АПК. Уфа: БГАУ, 2005. 254 с.
9. Лутфуллин Ю. Р., Сиразетдинов И. С. Оценка экономической эффективности информационно-консультационной службы // Вестник Челябинского государственного университета. 2011. № 16 (231). С. 109–115.
10. Попова Е. А., Пряхин Г. Н., Лутфуллин Ю. Р. Культура управления сельскохозяйственными организациями. М.: ВНИИЭСХ, 2005. 138 с.
11. Развитие бережливого производства: принципы, подходы, направления реализации: методические указания / Е. И. Семенова, О. А. Родионова, А. С. Труба [и др.]. М. : ООО «Сам полиграфист», 2019. 120 с.
12. Растяников В. Г., Дерюгина И. В. Урожайность хлебов в России. 1795–2007. М.: ИВ РАН, 2009. 192 с.
13. Семин А. Н., Кислицкий М. М., Агнаева И. Ю., Ворона В. Ю. Отечественный опыт формирования локального уровня сельской экономики средствами цифровых технологий // ЭТАП: Экономическая Теория, Анализ, Практика. 2018. № 6. С. 73–85. DOI: 10.24411/2071-6435-2018-10059.
14. Семин А. Н., Лутфуллин Ю. Р., Кислицкий М. М. Совершенствование системы мер и механизмов развития сельских территорий // Методическое обеспечение проведения научных исследований экономических проблем развития АПК России: монография / А. И. Алтухов, А. Н. Семин, Г. В. Беспяхотный [и др.] ; под ред. А. И. Алтухова. М.: Фонд «Кадровый резерв», 2016. 544 с.
15. Теория, методология и практика реализации эквивалентных межотраслевых отношений в АПК: монография / Под ред. проф. О. А. Родионовой. М.: Фонд «Кадровый резерв», 2019. 220 с.
16. Трансформационные процессы и адаптация хозяйствующих субъектов аграрной сферы : монография / Под науч. ред. проф. О. А. Родионовой. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2020. 148 с.
17. Kislitsky M., Rodionova O., Pertsev A. The digital model of developing economic relations of subjects of the agrarian sphere: research results and general trends [e-resource] // International Scientific and Practical Conference on Agrarian Economy in the Era of Globalization and Integration 2018 (AGEGI 2018). Moscow, 2018. IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2019. P. 012034. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/274/1/012034/meta>. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012034 (дата обращения: 05.07.2020).

18. Kislitskiy M. Recovery opportunities and prospects for the use of degraded land in the context of structural economic and technological changes // Book of Abstracts. Conference Saline Futures: Addressing climate change and food security. Leeuwarden, the Netherlands, 2019. Pp. 102–105. URL: https://www.waddenacademie.nl/fileadmin/inhoud/pdf/01-Waddenacademie/Salfar_Conference/Book_of_Abstracts_190923_with_cover.pdf (дата обращения: 05.07.2020).

19. Semin A. N., Namyatova L. E. Land as a factor of production in agriculture and features of agricultural practices // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). 2019. Vol. 10. Iss. 02. Pp. 1515–1521.

Об авторах:

Лидия Алексеевна Головина¹, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела экономических отношений в организациях АПК, ORCID 0000-0002-8362-6804, AuthorID 299387; golovina.lidia@yandex.ru

Михаил Михайлович Кислицкий¹, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник отдела экономических отношений в организациях АПК, ORCID 0000-0001-6413-6124, AuthorID 672617; mmk-sience@yandex.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве – филиал Федерального научного центра аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийского научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

Digital vector in the technological interaction of agricultural production entities

L. A. Golovina¹, M. M. Kislitskiy¹✉

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Production, Labor and Management in Agriculture – a branch of the Federal Scientific Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural territories – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

✉E-mail: mmk-sience@yandex.ru

Abstract. Structurally technological shifts in various spheres of life enhance the importance of digital technology. At the present stage, their application in the agricultural sector allows you to get a competitive advantage associated with cost reduction in the face of lower prices in the global agri-food market. **The purpose** of the study is to determine the role and place of digital technology in the economic interaction of agricultural organizations at the present stage and in the foreseeable future. **Research objectives:** based on the analysis of grain productivity in Russia from 1795 to 2019. to determine the place of digital technologies in the overall technological structure of agricultural production; highlight digital technologies providing at the present stage of development the economic interaction of agricultural organizations; outline the current and promising role of digital technology in ensuring the economic interaction of agricultural organizations. **Scientific novelty and practical significance** of the research results: based on a cliometric analysis of cereal yields in Russia for the period from 1795 to 2019. three stages of stable ten-year average values have been identified; through the correlation of the forms of economic interaction with digital technologies, the most characteristic of these forms of economic interaction, it was justified to distinguish the form of economic interaction of agribusiness organizations – digitalization. The role and importance of digital technologies in the economic interaction of agricultural organizations are determined.

Keywords: technical and economic interaction, digitalization, agricultural production, cliometric analysis, productivity.

For citation: Golovina L. A., Kislitskiy M. M. Tsifrovoy vektor vo vzaimodeystvii sub"ektov agrarnogo proizvodstva [Digital vector in the technological interaction of agricultural production entities] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 74–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-74-82. (In Russian.)

Paper submitted: 20.07.2020.

References

1. Agropromyshlennyy kompleks: strategicheskie initsiativy [Agro-industrial complex: strategic initiatives] / V. V. Miloserdov, A. N. Semin, Yu. R. Lutfullin, M. M. Kislitskiy. Moscow: Fond "Kadrovyy rezerv", 2016. 630 p. (In Russian.)
2. Agropredovol'stvennyy sektor Rossii v usloviyakh "bol'shikh vyzovov": problemy, riski, novye vozmozhnosti [The agri-food sector of Russia in the conditions of "big challenges": problems, risks, new opportunities]. / A. I. Altukhov, A. N. Semin, E. I. Semenova, M. M. Kislitskiy, A. E. Borodkin. Moscow: Fond "Kadrovyy rezerv", 2019. 416 p. (In Russian.)
3. Anishchenko A. N. "Umnoe" sel'skoe khozyaystvo kak perspektivnyy vektor rosta agrarnogo sektora ekonomiki Rossii ["Smart" agriculture as a promising vector of growth in the agricultural sector of the Russian economy] // Food Policy and Security. 2019. No. 2. Pp. 97–107. DOI: 10.18334/ppib.6.2.41384. (In Russian.)
4. Golovina L. A., Kislitskiy M. M., Logacheva O. V. Razvitie agrobiznesa sub"ektov Tsentral'nogo makroregiona v koordinatakh imperativov prostranstvennoy transformatsii ekonomiki [Development of agribusiness in the subjects of the Central

- macroregion in the coordinates of the imperatives of the spatial transformation of the economy] // ETAP: Economic Theory, Analysis, Practice. 2020. No. 1. Pp. 47–76. DOI: 10.24411/2071-6435-2020-10003. (In Russian.)
5. Kibirov A. Ya., Kulov A. R., Khairbekov A. U. Ekonomicheskoe vzaimodeystvie sub"ektov APK i ikh adaptatsiya k usloviyam globalizatsii i integrativnykh protsessov [Economic interaction of agribusiness entities and their adaptation to the conditions of globalization and integrative processes] // Theory and practice of world science. 2019. No. 3. Pp. 2–7. (In Russian.)
6. Kislitskiy M. M., Logacheva O. V. Transformatsiya sotsial'no-ekonomicheskikh praktik sel'skogo naseleniya pod vozdeystviem tsifrovyykh strukturno-tekhnologicheskikh izmeneniy v sel'skokhozyaystvennykh organizatsiyakh [Transformation of socio-economic practices of the rural population under the influence of digital structural and technological changes in agricultural organizations] // ETAP: Economic Theory, Analysis, Practice. 2019. No. 3. Pp. 119–129. DOI: 10.24411/2071-6435-2019-10094. (In Russian.)
7. Kislitskiy M. M. Transformatsiya usloviy i ekonomicheskikh otnosheniy v sisteme obespecheniya naseleniya prodovol'stvиеm [Transformation of conditions and economic relations in the system of providing the population with food]. Moscow: VNNI-IESX. 2018. 260 p. (In Russian.)
8. Lutfullin Yu. R. Rynok i kul'tura upravlencheskoy deyatel'nosti v APK [Market and culture of management in the agro-industrial complex]. Ufa: BGAU, 2005. 254 p. (In Russian.)
9. Lutfullin Yu. R., Sirazetdinov I. S. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti informatsionno-konsul'tatsionnoy sluzhby [Evaluation of the economic efficiency of the information and consulting service] // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. No. 16 (231). Pp. 109–115. (In Russian.)
10. Popova E. A., Pryakhin G. N., Lutfullin Yu. R. Kul'tura upravleniya sel'skokhozyaystvennymi organizatsiyami [Agricultural management culture]. Moscow: VNIETUSX, 2005. 138 p. (In Russian.)
11. Razvitie berezhlivogo proizvodstva: printsipy, podkhody, napravleniya realizatsii: metodicheskie ukazaniya [Development of lean manufacturing: principles, approaches, directions of implementation: guidelines] / E. I. Semenova, O. A. Rodionova, A. S. Truba [i dr.]. Moscow: Sam polygraphist, 2019. 120 p. (In Russian.)
12. Rastyannikov V. G., Deryugina I. V. Urozhaynost' khlebov v Rossii. 1795–2007 [Productivity of grain in Russia. 1795–2007]. Moscow: The Russian Academy of Sciences. Institute of Oriental Studies, 2009. 192 p. (In Russian.)
13. Semin A. N., Kislitskiy M. M., Agnaeva I. Yu., Vorona V. Yu. Otechestvennyy opyt formirovaniya lokal'nogo urovnya sel'skoy ekonomiki sredstvami tsifrovyykh tekhnologiy [Domestic experience of forming the local level of the rural economy by means of digital technologies] // ETAP: Economic Theory, Analysis, Practice. 2018. No. 6. Pp. 73–85. DOI: 10.24411/2071-6435-2018-10059. (In Russian.)
14. Semin A. N., Lutfullin Yu. R., Kislitskiy M. M. Sovershenstvovanie sistemy mer i mekhanizmov razvitiya sel'skikh territoriy [Improving the system of measures and mechanisms for the development of rural areas] // Metodicheskoe obespechenie provedeniya nauchnykh issledovaniy ekonomicheskikh problem razvitiya APK Rossii: monografiya / A. I. Altukhov, A. N. Semin, G. V. Bepakhotnyy [et al.] ; under the editorship of A. I. Altukhov. Moscow: Fond "Kadrovyy rezerv", 2016. 544 p. (In Russian.)
15. Teoriya, metodologiya i praktika realizatsii ekvivalentnykh mezhotraslevykh otnosheniy v APK [Theory, methodology and practice of implementing equivalent intersectoral relations in the agro-industrial complex] / Under the editorship of prof. O. A. Rodionova. Moscow: Fond "Kadrovyy rezerv", 2019. 220 p. (In Russian.)
16. Transformatsionnye protsessy i adaptatsiya khozyaystvuyushchikh sub"ektov agrarnoy sfery [Transformational processes and adaptation of economic entities in the agricultural sector] / Under the scientific editorship of prof. O. A. Rodionova. Moscow: Sam polygraphist, 2020. 148 p. (In Russian.)
17. Kislitskiy M., Rodionova O., Pertsev A. The digital model of developing economic relations of subjects of the agrarian sphere: research results and general trends [e-resource] // International Scientific and Practical Conference on Agrarian Economy in the Era of Globalization and Integration 2018 (AGEGI 2018). Moscow, 2018. IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2019. P. 012034. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/274/1/012034/meta>. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012034 (appeal date: 05.07.2020).
18. Kislitskiy M. Recovery opportunities and prospects for the use of degraded land in the context of structural economic and technological changes // Book of Abstracts. Conference Saline Futures: Addressing climate change and food security. Leeuwarden, the Netherlands, 2019. Pp. 102–105. URL: https://www.waddenacademie.nl/fileadmin/inhoud/pdf/01-Waddenacademie/Salfar_Conference/Book_of_Abstracts_190923_with_cover.pdf (appeal date: 05.07.2020).
19. Semin A. N., Namyatova L. E. Land as a factor of production in agriculture and features of agricultural practices // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). 2019. Vol. 10. Iss. 02. Pp. 1515–1521.

Authors' information:

Lidiya A. Golovina¹, candidate of economic sciences, associate professor, leading researcher of the department of economic relations in organizations of the AIC, ORCID 0000-0002-8362-6804, AuthorID 299387; golovina.lidia@yandex.ru

Mikhail M. Kislitskiy¹, candidate of economic sciences, leading researcher of the department of economic relations in organizations of the AIC, ORCID 0000-0001-6413-6124, AuthorID 672617; mmk-science@yandex.ru

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Production, Labor and Management in Agriculture –

a branch of the Federal Scientific Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural territories – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

Сельскохозяйственная кредитная потребительская кооперация в Уральском регионе: текущее состояние, меры по развитию

А. Г. Мокроносов¹, А. В. Анисимов², М. А. Анисимова¹✉

¹Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

²Уральское главное управление Банка России, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: Anisimovama66@gmail.com

Аннотация. Исследование региональных аспектов развития сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов (СКПК) составляет актуальную повестку для роста аграрной экономики, обеспечения доступности финансовых услуг в сельской местности. **Целью** исследования является оценка текущего состояния сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации в Уральском регионе. **Методы.** Применен системный подход с использованием экономико-статистического и аналитического методов. Теоретическую основу исследования составили публикации современных отечественных и зарубежных ученых по экономическим, институциональным аспектам формирования, функционирования и развития сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации. **Результаты.** Рассмотрена динамика развития уральского регионального сектора отрасли сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации. Отмечены особенности СКПК Урала, установлены субъекты Российской Федерации, в которых наблюдаются наиболее высокие темпы сокращения числа СКПК. Обозначены барьеры на пути развития отрасли кооперации в уральском регионе. Выявлена роль региональных органов государственной власти в поддержке СКПК Урала в рамках реализации государственных программ по развитию агропромышленных комплексов, выделены территории концентрации крупнейших СКПК. Дана оценка рыночной стратегии уральских СКПК в современных условиях ограничений деятельности. В работе отмечается, что определяющим фактором формирования единого механизма реализации государственной политики отрасли в регионах является разработка региональных целевых программ развития кооперации, представляющих комплекс планируемых мероприятий, взаимоувязанных по задачам, срокам осуществления, исполнителям и ресурсам. Отмечены направления по поддержке отрасли, в числе которых меры по дерегулированию деятельности СКПК. **Теоретическая значимость** проведенного исследования состоит в развитии подходов к комплексу мер по развитию СКПК. **Практическая значимость** исследования заключается в формировании возможных будущих исследований хозяйствования СКПК в условиях дистанционных каналов предоставления финансовых услуг, расширения их спектра. **Научная новизна.** Обоснованы мероприятия, позволяющие сформировать современную систему сельскохозяйственной потребительской кредитной кооперации в регионах.

Ключевые слова: финансовый рынок, сельскохозяйственные кредитные потребительские кооперативы, уральский регион, меры государственной поддержки.

Для цитирования: Мокроносов А. Г., Анисимов А. В., Анисимова М. А. Сельскохозяйственная кредитная потребительская кооперация в Уральском регионе: текущее состояние, меры по развитию // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 83–91. DOI: doi.org/10.32417/1997-4868-2020-200-9-83-91.

Дата поступления статьи: 24.06.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Банком России в рамках реализации Основных направлений развития финансового рынка на период 2019–2021 годов предусмотрено повышение доступности финансовых услуг для населения и субъектов малого и среднего предпринимательства посредством развития отрасли микрофинансирования, в состав которой входят СКПК, выполняющие социальную роль в регионах, удаленных от основных финансовых центров в удовлетворении финансовых потребностей сельскохозяйственного бизнеса и расширяющие их возможности реализации малых и маловенных проектов [1].

Сельскохозяйственная кредитная потребительская кооперация как инструмент финансового рынка и ключевой элемент социально-экономического развития сельских территорий получила стимул своего развития в экономике промышленно развитых стран. Так, в большинстве стран Западной Европы на долю кооперативов приходится 30–55 % кредитного портфеля аграрной сферы. В США кооперативная система фермерского кредита стала альтернативой банковскому кредиту, предоставляя фермерам треть кредитов на покупку земли, шестую часть кратко- и среднесрочных кредитов [2, с. 483]. Характерной особенностью сельскохозяйственной кредитной потребительской

кооперации зарубежных стран, добившихся успехов в ее развитии, является активное участие государства, которое взяло на себя организующую роль, а также сочетание государственного регулирования и саморегулирования.

В Российской Федерации старт образованию СКПК для кредитования и сбережения денежных средств своих членов дал Федеральный закон от 08.12.1995 № 193-ФЗ «О сельскохозяйственной кооперации», который определяет СКПК как разновидность обслуживающих сельскохозяйственных кооперативов. Они созданы и функционируют на принципах взаимопомощи, ориентированы в своей деятельности, прежде всего, на обеспечение доступа к финансовым услугам для своих членов (сельскохозяйственных товаропроизводителей). При этом СКПК по своей природе не стремятся к захвату финансового рынка в целом или его сегмента, а направлены на увеличение местного и общего благосостояния, поскольку они принадлежат своим членам (пайщикам). Поэтому СКПК целесообразно рассматривать как социальный институт финансовой взаимопомощи в сельской местности.

Спецификой современных СКПК является их комплексный характер, проявляющийся не только в обеспечении доступа к финансовым услугам малых форм хозяйствования и сельских домохозяйств, но и в способствовании развитию сельских территорий и привлечению инвестиций в аграрное производство. СКПК занимают определенную нишу в кредитовании сельских жителей, которая не представляет интерес банкам из-за высоких транзакционных издержек на предоставление и обслуживание малых по сумме кредитов.

При столь важной социальной роли СКПК для сельских территорий их потенциал используется явно недостаточно. Доля СКПК в финансовой системе страны крайне низка. Так, удельный вес портфеля займов СКПК в портфеле займов отрасли микрофинансирования в первом квартале 2019 года составлял 5,1 %, а в 2019 году снизился до 4,8 % [3], [4]. Количество СКПК и число их членов в последние годы постепенно снижается, что делает все более актуальным анализ текущей ситуации в данном секторе и выявление сдерживающих факторов его функционирования на региональном уровне и позволяет сформировать предложения по совершенствованию нормативно-правовых аспектов развития СКПК. В настоящее время возникают новые вызовы, связанные с ограничениями в их деятельности. Данные проблемы послужили основанием для выбора темы исследования и определили круг решаемых задач.

Методология и методы исследования (Methods)

Основу исследования составили публикации современных отечественных ученых по экономическим, институциональным и инфраструктурным аспектам формирования, функционирования, регулирования и развития сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации. В разработку теоретических и практических вопросов развития сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации, ее принципов и механизмов функционирования существенный вклад внесли А. В. Ануфриева [5], С. Н. Богданов [6], К. И. Лукьянов [7], А. Ф. Максимов [8], С. В. Соловьева [9], И. М. Сурков [5].

Современные аспекты формирования и развития сельскохозяйственной кредитной кооперации нашли отражение в работах М. В. Быковца [10], О. А. Василенко [11], Н. П. Ворониной [12], С. Г. Головиной [13], В. Еремеева [14], Н. Жукова [14], Л. И. Ивановой [15], Е. В. Рудова [11], Т. В. Тресковой [15]. Перспективы развития рынков микрофинансирования раскрыты в исследованиях В. А. Цветкова, М. Н. Дудина, С. Н. Сайфиева [16], Ю. Ровенского [17]. В опубликованных работах авторы затрагивают вопросы формирования принципов кооперативного движения, значения и роли кредитной кооперации, источников имуществ СКПК, механизмов государственной поддержки. Однако вопросы, связанные с проблемами деятельности СКПК на региональном уровне, требуют более пристального внимания.

Методологическую основу в рамках исследования составил системный подход с использованием экономико-статистического и аналитического методов. Информационной основой исследования послужили статистические данные Банка России, размещенные на его официальном сайте в рубрике «Микрофинансирование»; информация, размещенная на официальных сайтах органов государственной власти субъектов Российской Федерации.

Ввиду отсутствия накопленных статистических данных за длительный период, позволяющих провести детальный анализ сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации, сложно сделать однозначное заключение о тенденциях, происходящих в отрасли, но можно дать оценку текущей ситуации уровня развития СКПК в регионе, что и предпринято в данном исследовании.

Результаты (Results)

Экономической основой создания и функционирования сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации в России является деятельность 176,3 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств, 26,1 тыс. микропредприятий, 6,1 тыс. малых предприятий [18]. Они формируют отрасль, пользуются ее услугами и предъявляют новые требования к созданию организационно-экономического механизма ее функционирования.

По состоянию на 01.05.2020 г. в государственный реестр СКПК Банком России включены 59 кооперативов, действующих в Уральском регионе (таблица 1). Наибольшее количество СКПК сосредоточено в Тюменской области (22) и Республике Башкортостан (13). За период с 30.06.2018 г. по 01.05.2020 г. в Уральском регионе отмечается снижение количества действующих СКПК на 40,4 %, что связано с уходом с рынка игроков, не ведущих профильную деятельность, усилением надзора Банка России, который обеспечивает «очищение» рынка от недобросовестных участников [19]. Субъектами, в которых наблюдались наиболее высокие темпы сокращения числа СКПК, являются Оренбургская область (77,7 %) и Пермский край (54,5 %).

Спад количества действующих СКПК привел к снижению количества их пайщиков. За период с 1 квартала 2019 года по 1 квартал 2020 года число пайщиков СКПК по стране уменьшилось на 3 %. Вместе с тем среднее число пайщиков, приходящееся на одно СКПК, сократилось всего на 1,6 % с 443 до 436 [20].

За период с 30.09.2018 г. по 30.09.2019 г. следует отметить снижение доли уральских СКПК по объему привлеченных средств и предоставленных займов в показателях отрасли страны на 2,8 % и 2,3 % соответственно, что вызвано ликвидацией ряда неэффективных кооперативов вследствие неудовлетворительного финансового состояния, слабых усилий в поиске решения проблемы финансовой стабилизации, низкого уровня квалификации кадров (таблица 2).

Своеобразным «ядром» СКПК на Урале являются Тюменская, Свердловская и Оренбургская области. Тюменская область является одним из российских регионов – центров развития сельскохозяйственной кооперации. Так, СКПК Тюменской области сосредоточили 78,3 % всего капитала и 30,6 % всех активов, ими было выдано 30,1 % всех займов от их общей величины по Уральскому региону (таблица 3). СКПК Свердловской области лидируют в Уральском регионе по сумме выданных займов, привлеченных средств и величине активов, их доля по данным показателям составляет 32,9 %, 44,9 % и 31,4 % соответственно. Востребованы на селе СКПК Оренбургской области, которые привлекли средства в размере 38,8 % от их общей суммы, выдали займов 28,5 % от общей величины по Уралу.

Актуальным направлением в отрасли является межатраслевая интеграция СКПК с инфраструктурой агропромышленного комплекса. Создание интегрирующих связей

обеспечивает надежность и стабильность СКПК, расширяет их функциональные возможности по предоставлению финансовых услуг. Примером успешного проектного финансирования является участие СКПК «Уралец» в инвестировании мощностей по хранению сельскохозяйственной продукции в Свердловской области.

СКПК Уральского региона активно развиваются на тех субъектах, где им оказывается поддержка региональных органов государственной власти. В Тюменской, Свердловской и Оренбургской областях в рамках реализации государственных программ по развитию агропромышленных комплексов предусмотрено предоставление сельскохозяйственным товаропроизводителям, крестьянским (фермерским) хозяйствам субсидии из средств областных бюджетов на возмещение части затрат на уплату процентов по займам, полученным в СКПК. Опыт СКПК Тюменской области используется проектным комитетом по основному направлению стратегического развития Российской Федерации «Малый бизнес и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы» по разработке мер, направленных на стимулирование развития кооперативов [19].

Фактором развития отрасли является представление самих СКПК об их экономическом положении в условиях текущего кризиса. Оценивая рыночную ситуацию, кооперативы выбирают стратегию по поддержанию финансовой устойчивости, не связанную с использованием

Таблица 1
Динамика числа действующих СКПК в Уральском регионе, включенных в государственный реестр*

Субъекты РФ	Число СКПК			Сокращение за период, %
	на 30.06.2018	на 30.06.2019	на 01.05.2020	
Курганская область	5	5	3	40,0
Оренбургская область	18	8	4	77,7
Пермский край	11	8	5	54,5
Республика Башкортостан	17	14	13	23,5
Свердловская область	10	7	6	40,0
Тюменская область	25	23	22	12,0
Челябинская область	11	7	6	45,4
ХМАО – Югра	1	–	–	–
Всего по Уральскому региону	99	73	59	40,4

* Источник: рассчитано авторами по данным [26].

Table 1
The dynamics of the number of existing ACCC in the Ural region, included in the state register*

Subjects of the RF	ACCC number			The reduction over the period, %
	on 30.06.2018	on 30.06.2019	on 01.05.2020	
Kurgan region	5	5	3	40.0
Orenburg region	18	8	4	77.7
Perm region	11	8	5	54.5
Republic of Bashkortostan	17	14	13	23.5
Sverdlovsk region	10	7	6	40.0
Tyumen region	25	23	22	12.0
Chelyabinsk region	11	7	6	45.4
Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra	1	–	–	–
Total in the Ural region	99	73	59	40.4

* Source: calculated by the authors according to [26]

многофакторных риск-моделей. Анализ складывающейся практики деятельности СКПК в условиях ограничений показывает, что клиентская база кооперативов оказалась достаточно качественной и перспективы развития отрасли видятся СКПК вполне благоприятными. Пайщики кооперативов – предприниматели в агросекторе, фермеры – планируют увеличить производство сельскохозяйственной продукции. Объемы выданных займов и привлеченных средств СКПК не уменьшились, просроченная задолженность не выросла. СКПК оперативно перестроили свою работу путем организации дистанционного обслуживания своих клиентов. Быстрый переход СКПК на новые условия деятельности сопровождался всемерной ориентацией на запросы заемщиков и пайщиков находить оптимальный выход из сложных ситуаций, основываясь на отношениях, построенных не столько на договорных началах, сколько на отношениях, выстроенных в рамках общности членов

кооператива. Использование СКПК положительных практик в деятельности улучшает имиджевую сторону кредитной кооперации, формирует новый позитивный образ кооперативов.

Таким образом, отрасль сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации Урала характеризуется рядом особенностей, свидетельствующих о наличии фактически сложившейся ее региональной структуры:

- преобладание СКПК – «ветеранов», созданных более 10 лет и составляющих около 50 % общего числа СКПК;
- затруднение входа на рынок новых СКПК ввиду сложности преодоления порога рентабельности, особенно на первоначальном этапе создания;
- территориальная концентрация крупнейших СКПК в отдельных субъектах;
- возрастание роли межотраслевой интеграции СКПК с инфраструктурой агропромышленного комплекса.

Таблица 2

Динамика удельного веса уральских СКПК по объему привлеченных средств, предоставленных займов в общих показателях по Российской Федерации*

Показатель	Доля уральских СКПК в общем объеме по РФ, %		Сокращение за период, %
	на 30.09.2018	на 30.09.2019	
Объем привлеченных средств	10,8	8,0	2,8
Объем предоставленных займов	11,4	9,1	2,3

* Источник: рассчитано авторами по данным [27], [28]

Table 2

The dynamics of the share of the Ural ACCC in terms of the amount of borrowed funds, loans granted in total terms by Russian Federation*

Index	The share of the Ural ACCC in the total volume of the RF, %		Reduction for the period, %
	on 30.09.2018	on 30.09.2019	
Amount of attracted funds	10.8	8.0	2.8
Volume of loans granted	11.4	9.1	2.3

* Source: calculated by the authors according to [27], [28].

Таблица 3

Уральские субъекты – лидеры по ключевым показателям деятельности СКПК за 2019 год*

По доле капитала, %		По доле выданных займов, %	
Тюменская область	78,3	Свердловская область	32,9
Свердловская область	7,3	Тюменская область	30,1
Республика Башкортостан	1,5	Оренбургская область	28,5
По доле активов, %		По доле привлеченных средств, %	
Свердловская область	31,4	Свердловская область	44,9
Тюменская область	30,6	Оренбургская область	38,8
Оренбургская область	26,2	Тюменская область	7,7

* Источник: рассчитано авторами по данным отчетности СКПК, представленной в Банк России.

Table 3

Ural subjects are leaders in key performance indicators of ACCC*

By share of capital, %		By the share of loans issued, %	
Tyumen region	78.3	Sverdlovsk region	32.9
Sverdlovsk region	7.3	Tyumen region	30.1
Republic of Bashkortostan	1.5	Orenburg region	28.5
By share of assets, %		By the share of funds raised, %	
Sverdlovsk region	31.4	Sverdlovsk region	44.9
Tyumen region	30.6	Orenburg region	38.8
Orenburg region	26.2	Tyumen region	7.7

* Source: calculated by the authors based on the data of the ACCC reports submitted to the Bank of Russia.

Проведенный анализ показал регионы, в которых происходит резкое снижение количества СКПК, где со стороны органов государственной власти в первую очередь требуется разработка подходов и методов снижения уровня экономических и административных барьеров, препятствующих деятельности кооперативов. Систематизация информации о барьерах является базой для определения основных направлений политики в секторе микрофинансирования.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В современных условиях институциональная среда недостаточно соответствует уровню развития сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации. В зарубежной общественной мысли сформировалось два подхода к определению понятия «институциональная среда» применительно к сфере микрофинансирования. Первый связывает возможность совокупности институтов формировать пространство стимулов и поведенческих моделей у основных субъектов [21], [22]. Второй подход характеризует институциональную среду как совокупность правил игры и институтов, создающих рамки для основных экономических игроков [23], [24].

На региональном уровне институциональная среда представляется системой федеральных, региональных и местных законодательных актов, норм, правовых основ, сосредоточения программ и политик федеральных структур, а также неформальных социокультурных правил, к которым относят исторические нормы, общественное мнение, менталитет населения, культурные особенности, традиции, присущие данной территории [25]. Институциональная среда может создать дополнительные возможности для наращивания потенциала отрасли за счет новых предпосылок, одним из которых является необходимость

разработки концепции развития сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов, учитывающей совершенствование нормативно-правового обеспечения, регулирования, контроля деятельности СКПК. Она может стать основой региональных целевых программ развития кооперации, представляющих комплекс планируемых мероприятий, взаимоувязанных по задачам, срокам осуществления, исполнителям и ресурсам и позволяющих сформировать единый механизм реализации государственной политики отрасли в регионах.

В настоящее время стоит задача сокращения избыточных установленных государством административно-правовых норм и предписаний в отношении экономической деятельности субъектов. Актуальность процесс дерегулирования приобретает в отрасли сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации. Снижение административных барьеров, уменьшение объема отчетности, сокращение перечня запретов по приему и выдаче займов, приему членов, а также прекращение возложения на СКПК дополнительных обязанностей, требующих расходов, позволит снизить их издержки. С этой целью требуется внесение соответствующих изменений в законодательство о сельскохозяйственной кооперации.

В числе мер по поддержке отрасли сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации следует отметить необходимость снижения стоимости услуг кредитных организаций, связанных с операциями с использованием наличных денежных средств СКПК. Основой для роста отрасли в перспективе могут стать снижение затрат за счет использования и совершенствования дистанционных каналов предоставления финансовых услуг, расширения их спектра.

Библиографический список

1. Основные направления развития финансового рынка Российской Федерации на период 2019–2021 годов [Электронный ресурс] // Вопросы кредитной кооперации. URL: <https://vkk-journal.ru/wp-content/uploads/Osnovnyie-napravleniya-razvitiya-finryinka-Tekst.pdf> (дата обращения: 19.06.2020).
2. Иванова Л. И., Бобылева А. С., Трескова Т. В. Зарубежный опыт развития сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации // Экономика и предпринимательство. 2015. № 10 (1). С. 482–487.
3. Обзор основных показателей микрофинансовых институтов, 1 квартал 2019. Информационно-аналитический материал [Электронный ресурс] // Официальный сайт Банка России. URL: https://www.crb.ru/Collection/Collection/File/23732/review_mfi_19Q1.pdf (дата обращения: 19.06.2020).
4. Обзор основных показателей микрофинансовых институтов, 2019. Информационно-аналитический материал [Электронный ресурс] // Официальный сайт Банка России. URL: https://www.crb.ru/Collection/Collection/File/27764/review_mfi_19Q4.pdf (дата обращения: 19.06.2020).
5. Ануфриева А. В., Сурков И. М. Кооперация в аграрной сфере: сущность, специфика, принципы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (54). С. 179–186.
6. Богданов С. Н. Развитие сельской кредитной кооперации в контексте институциональных преобразований агротерриторий [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2 (часть 2). URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22764> (дата обращения: 10.05.2020).
7. Лукьянов К. И. Теоретические и методические основы регулирования сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов // Вестник НГАУ. 2017. № 2. С. 158–165.
8. Максимов А. Ф. Состояние сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации в России: проблемы и пути их решения // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2016. № 1. С. 8–12.
9. Соловьева С. В. Развитие кредитных отношений в реальном секторе и экономическая безопасность // Проблемы рыночной экономики. 2017. № 3. С. 36–43.
10. Быковец М. В. Перспективы развития рынка микрофинансовых услуг в России и основные направления его государственного регулирования [Электронный ресурс] // Журнал факультета государственного управления МГУ имени М. В. Ломоносова «Государственное управление. Электронный вестник». 2014. № 45. С. 179–211. URL: <http://e-journal.>

spa.msu.ru/uploads/vestnik/2014/vipusk__45._avgust_2014_g./ekonomicheskie_voprosi_upravlenija/bykovets.pdf (дата обращения: 10.05.2020).

11. Рудой Е. В., Василенко О. А. Современное состояние развития сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов // Агропродовольственная политика России. 2015. № 11. С. 33–37.

12. Воронина Н. П. Нормативно-правовое обеспечение развития сельскохозяйственной кооперации в субъектах РФ как направление государственной аграрной политики // Актуальные проблемы российского права. 2018. № 6. С. 199–207.

13. Головина С. Г., Смирнова Л. Н. Об эффективности деятельности сельскохозяйственных кооперативов в России // Аграрный вестник Урала. 2020. № 06 (197). С. 89–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-197-6-89-100.

14. Еремеев В., Жуков Н., Кубанова Н. Регулирование развития сельскохозяйственной кооперации необходимо // АПК: экономика, управление. 2015. № 1. С. 25–34.

15. Иванова Л. И., Трескова Т. В. Отечественный опыт развития сельскохозяйственной кредитной кооперации // Экономика и предпринимательство. 2015. № 10-1 (63-1). С. 651–655.

16. Цветков В. А., Дудин М. Н., Сайфиева С. Н. Проблемы и перспективы развития микрофинансовых организаций в Российской Федерации // Финансы: теория и практика. 2019. № 23 (3). С. 96–111. DOI: 10.26794/2587-5671-2019-23-3-96-111.

17. Ровенский Ю. Современные тренды развития потребительского кредитования в России // Федерализм. 2016. № 4. С. 31–46.

18. Минсельхоз проанализирует потенциальные направления развития фермерских хозяйств [Электронный ресурс] // Новости в России и мире – ТАСС. URL: <https://tass.ru/ekonomika/7795295> (дата обращения: 20.06.2020).

19. Развитие кредитной кооперации. Доклад для общественных консультаций [Электронный ресурс] // Официальный сайт Банка России. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/50692/Consultation_Paper_171003_01.pdf (дата обращения: 20.06.2020).

20. Обзор основных показателей микрофинансовых институтов, I квартал 2020. Информационно-аналитический материал [Электронный ресурс] // Официальный сайт Банка России. URL: https://www.crb.ru/Collection/Collection/File/28025/review_mfi_20Q1.pdf (дата обращения: 19.07.2020).

21. Tremblay E., Hupper A., Waring T. M. Co-operatives exhibit greater behavioral cooperation than comparable businesses // Experimental evidence Journal of Co-operatives Organization and Management. 2017. No. 5 (1). Pp. 48–55. DOI: 10.1016/j.jcom. 2019.100092.

22. Nilsson J. Cooperatives, Economic Democratization and Rural Development // European Review of Agricultural Economics. 2016. Vol. 43. Iss. 5. Pp. 875–877. DOI: 10.1093/erae/jbw010.

23. Goodwin Barry K. Agricultural Policy Analysis: The Good, The Bad, and The Ugly // American Journal of Agricultural Economics. 2015. Vol. 97. Iss. 2. Pp. 353–373. DOI: 10.1093/ajae/aau105.

24. Soboh R., Lansink A., Giesen G., van Dijk G. Performance Measurement of the Agricultural Marketing Cooperatives: The Gap between Theory and Practice // Applied Economic Perspectives and Policy. 2009. Vol. 31. Iss. 3. Pp. 446–469. DOI: 10.1111/j.1467-9353.2009.01448.x.

25. Гойхер О. Л., Данилов А. И. Институциональные основы экономики региона // Вестник Владимирского государственного университета. Серия: экономические науки. 2015. № 2 (4). С. 19–25.

26. Государственный реестр сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов [Электронный ресурс] // Официальный сайт Банка России. URL: http://www.cbr.ru/registries/microfinance/#a_33636 (дата обращения: 20.05.2020).

27. Обзор ключевых показателей микрофинансовых институтов, III квартал 2018. Информационно-аналитический материал [Электронный ресурс] // Официальный сайт Банка России. URL: http://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/23733/review_mfo_18Q3.pdf (дата обращения: 24.05.2020).

28. Обзор ключевых показателей микрофинансовых институтов, III квартал 2019. Информационно-аналитический материал [Электронный ресурс] // Официальный сайт Банка России. URL: http://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/25677/review_mfi_19Q3.pdf (дата обращения: 24.05.2020).

Об авторах:

Александр Германович Мокроносов¹, доктор экономических наук, профессор, ORCID 0000-0002-8644-7932, AuthorID 387112; +7 950 541-27-72; Amokronosov@mail.ru

Антон Владимирович Анисимов², кандидат экономических наук, ведущий эксперт, ORCID 0000-0001-6010-2701, AuthorID 260431; +7 922 107-03-52, antony78@yandex.ru

Марина Анатольевна Анисимова¹, кандидат экономических наук, доцент, ORCID 0000-0001-6010-2702, AuthorID 567809; +7 912 657-95-78; Anisimovama66@gmail.com

¹ Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральское главное управление Банка России, Екатеринбург, Россия

Agricultural credit consumer cooperation in the Ural region: current state, development measures

A. G. Mokronosov¹, A. V. Anisimov², M. A. Anisimova^{1✉}

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

² Ural Head Office of the Bank of Russia, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: Anisimovama66@gmail.com

Abstract. The study of regional aspects of the development of agricultural credit consumer cooperatives (ACCC) is an urgent agenda for the growth of the agricultural economy, ensuring the availability of financial services in rural areas. **The purpose** of the study is to assess the current state of agricultural credit consumer cooperatives in the Ural region. **Methods.** A systematic approach was applied using economic, statistical and analytical methods. The theoretical basis of the study was the publications of modern domestic and foreign scientists on the economic, institutional aspects of the formation, functioning and development of agricultural credit consumer cooperatives. **Results.** The dynamics of development of the Ural regional sector of the agricultural credit consumer cooperation industry is considered. The peculiarities of the ACCC of the Urals are noted, the constituent entities of the Russian Federation are identified, in which the highest rates of reduction in the number of ACCC are observed. Barriers to the development of the cooperation industry in the Ural region are outlined. The role of regional government bodies in supporting the Ural ACCC in the framework of the implementation of state programs for the development of agro-industrial complexes is revealed, the areas of concentration of the largest ACCC are identified. The assessment of the market strategy of the Ural ACCC in the modern conditions of activity restrictions is given. The paper notes that the determining factor in the formation of a single mechanism for the implementation of the state policy of the industry in the regions is the development of regional target programs for the development of cooperation, representing a set of planned activities, interrelated in terms of tasks, timing of implementation, executors and resources. The directions for supporting the industry were noted, including measures to deregulate the activities of the ACCC. **The theoretical significance** of the study is the development of approaches to a set of measures for the development of the ACCC. **The practical significance** of the study lies in the formation of possible future studies of the management of the ACCC in the conditions of remote channels for the provision of financial services, expanding their range. **Scientific novelty.** Substantiated measures that allow to form a modern system of agricultural consumer credit cooperation in the regions.

Keywords: financial market, agricultural credit consumer cooperatives, the Ural region, government support measures.

For citation: Mokronosov A. G., Anisimov A. V., Anisimova M. A. Sel'skokhozyaystvennaya kreditnaya potrebitel'skaya kooperatsiya v Ural'skom regione: tekushchee sostoyanie, mery po razvitiyu [Agricultural credit consumer cooperation in the Ural region: current state, development measures] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 83–91. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-83-91. (In Russian.)

Paper submitted: 24.06.2020.

References

1. Osnovnye napravleniya razvitiya finansovogo rynka Rossiyskoy Federatsii na period 2019–2021 godov [The main directions of development of the financial market of the Russian Federation for the period 2019–2021] [e-resource] // Issues of credit cooperation. URL: <https://vkk-journal.ru/wp-content/uploads/Osnovnyie-napravleniya-razvitiya-finryinka-Tekst.pdf> (appeal date: 19.06.2020). (In Russian.)
2. Ivanova L. I., Bobyleva A. S., Treskova T. V. Zarubezhnyy opyt razvitiya sel'skokhozyaystvennoy kreditnoy potrebitel'skoy kooperatsii [Foreign experience in the development of agricultural credit consumer cooperation] // Economy and Entrepreneurship. 2015. No. 10 (1). Pp. 482–487. (In Russian.)
3. Obzor osnovnykh pokazateley mikrofinansovykh institutov, 1 kvartal 2019. Informatsionno-analiticheskiy material [Review of the main indicators of microfinance institutions, Q1 2019. Information and analytical material] [e-resource] // Official website of the Bank of Russia. URL: https://www.crb.ru/Collection/Collection/File/23732/review_mfi_19Q1.pdf (appeal date: 19.06.2020). (In Russian.)
4. Obzor osnovnykh pokazateley mikrofinansovykh institutov, 2019. Informatsionno-analiticheskiy material [Review of the main indicators of microfinance institutions, 2019. Information and analytical material] [e-resource] // Official website of the Bank of Russia. URL: https://www.crb.ru/Collection/Collection/File/27764/review_mfi_19Q4.pdf (appeal date: 19.06.2020). (In Russian.)
5. Anufrieva A. V., Surkov I. M. Kooperatsiya v agrarnoy sfere: sushchnost', spetsifika, printsipy [Cooperation in the agricultural sector: essence, specificity, principles] // Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2017. No. 3 (54). Pp. 179–186. (In Russian.)
6. Bogdanov S. N. Razvitie sel'skoy kreditnoy kooperatsii v kontekste institutsional'nykh preobrazovaniy agrotterritoriy [Development of rural credit cooperation in the context of institutional transformations of agricultural territories] [e-resource] // Mod-

- ern problems of science and education. 2015. No. 2 (part 2). URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22764> (appeal date: 10.05.2020). (In Russian.)
7. Luk'yanyov K. I. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy regulirovaniya sel'skokhozyaystvennykh kreditnykh potrebitel'skikh kooperativov [Theoretical and methodological foundations of regulation of agricultural credit consumer cooperatives] // Bulletin of NSAU. 2017. No. 2. Pp. 158–165. (In Russian.)
8. Maksimov A. F. Sostoyanie sel'skokhozyaystvennoy kreditnoy potrebitel'skoy kooperatsii v Rossii: problemy i puti ikh resheniya [The state of agricultural credit consumer cooperatives in Russia: problems and solutions] // Economics, labor, management in agriculture. 2016. No. 1. Pp. 8–12. (In Russian.)
9. Solov'yeva S. V. Razvitie kreditnykh otnosheniy v real'nom sektore i ekonomicheskaya bezopasnost' [Development of credit relations in the real sector and economic security] // Problems of market economy. 2017. No. 3. Pp. 36–43. (In Russian.)
10. Bykovets M. V. Perspektivy razvitiya rynka mikrofinansovykh uslug v Rossii i osnovnye napravleniya ego gosudarstvennogo regulirovaniya [Prospects for the development of the microfinance services market in Russia and the main directions of its state regulation] [e-resource] // E-journal. Public Administration of School of Public Administration of Lomonosov Moscow State University. 2014. No. 45. Pp. 179–211. URL: http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2014/vipusk__45__avgust_2014_g./ekonomicheskie_voprosi_upravleniya/bykovets.pdf (appeal date: 05.10.2020). (In Russian.)
11. Rudoy E. V., Vasilenko O. A. Sovremennoe sostoyanie razvitiya sel'skokhozyaystvennykh kreditnykh potrebitel'skikh kooperativov [The current state of development of agricultural credit consumer cooperatives] // Agro-food policy of Russia. 2015. No. 11. Pp. 33–37. (In Russian.)
12. Voronina N. P. Normativno-pravovoe obespechenie razvitiya sel'skokhozyaystvennoy kooperatsii v sub'ektakh RF kak napravlenie gosudarstvennoy agrarnoy politiki [Regulatory support for the development of agricultural cooperation in the constituent entities of the Russian Federation as a direction of state agrarian policy] // Actual problems of Russian law. 2018. No. 6. Pp. 199–207. (In Russian.)
13. Golovina S. G., Smirnova L. N. Ob effektivnosti deyatel'nosti sel'skokhozyaystvennykh kooperativov v Rossii [About the efficiency of agricultural cooperatives in Russia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 06 (197). Pp. 89–100. DOI: 10.32417 / 1997-4868-2020-197-6-89-100. (In Russian.)
14. Ereemeev V., Zhukov N., Kubanova N. Regulirovanie razvitiya sel'skokhozyaystvennoy kooperatsii neobkhodimo [Regulation of the development of agricultural cooperation is necessary] // APK: economics, management. 2015. No. 1. Pp. 25–34. (In Russian.)
15. Ivanova L. I., Treskova T. V. Otechestvennyy opyt razvitiya sel'skokhozyaystvennoy kreditnoy kooperatsii [Domestic experience in the development of agricultural credit cooperation] // Economy and Entrepreneurship. 2015. No. 10-1 (63-1). Pp. 651–655. (In Russian.)
16. Tsvetkov V. A., Dudin M. N., Sayfieva S. N. Problemy i perspektivy razvitiya mikrofinansovykh organizatsiy v Rossiyskoy Federatsii [Problems and prospects for the development of microfinance organizations in the Russian Federation] // Finance: theory and practice. 2019. No. 23 (3). Pp. 96–111. DOI: 10.26794/2587-5671-2019-23-3-96-111. (In Russian.)
17. Rovenskiy Yu. Sovremennye trendy razvitiya potrebitel'skogo kreditovaniya v Rossii [Modern trends in the development of consumer lending in Russia] // Federalism. 2016. No. 4. Pp. 31–46. (In Russian.)
18. Minsel'khoz proanaliziruet potentsial'nye napravleniya razvitiya fermerskikh khozyaystv [The Ministry of Agriculture will analyze the potential directions of development of farms] [e-resource] // News in Russia and the world – TASS. URL: <https://tass.ru/ekonomika/7795295> (appeal date: 20.06.2020). (In Russian.)
19. Razvitie kreditnoy kooperatsii. Doklad dlya obshchestvennykh konsul'tatsiy [Development of credit cooperation. Public Consultation Report] [e-resource] // Official website of the Bank of Russia. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/50692/Consultation_Paper_171003_01.pdf (appeal date: 20.06.2020). (In Russian.)
20. Obzor osnovnykh pokazateley mikrofinansovykh institutov, I kvartal 2020. Informatsionno-analiticheskiy material [Review of the main indicators of microfinance institutions, I quarter 2020. Information and analytical material] [e-resource] // Official website of the Bank of Russia. URL: https://www.crb.ru/Collection/Collection/File/28025/review_mfi_20Q1.pdf (appeal date: 19.07.2020). (In Russian.)
21. Tremblay E., Hupper A., Waring T. M. Co-operatives exhibit greater behavioral cooperation than comparable businesses // Experimental evidence Journal of Co-operatives Organization and Management. 2017. No. 5 (1). Pp. 48–55. DOI: 10.1016/j.jcom. 2019.100092.
22. Nilsson J. Cooperatives, Economic Democratization and Rural Development // European Review of Agricultural Economics. 2016. Vol. 43. Iss. 5. Pp. 875–877. DOI: 10.1093/erae/jbw010.
23. Goodwin Barry K. Agricultural Policy Analysis: The Good, The Bad, and The Ugly // American Journal of Agricultural Economics. 2015. Vol. 97. Iss. 2. Pp. 353–373. DOI: 10.1093/ajae/aau105.
24. Soboh R., Lansink A., Giesen G., van Dijk G. Performance Measurement of the Agricultural Marketing Cooperatives: The Gap between Theory and Practice // Applied Economic Perspectives and Policy. 2009. Vol. 31. Iss. 3. Pp. 446–469. DOI: 10.1111/j.1467-9353.2009.01448.x.
25. Goykher O. L., Danilov A. I. Institutsional'nye osnovy ekonomiki regiona [Institutional foundations of the regional economy] Vestnik Vladimirovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: ekonomicheskie nauki. 2015. No. 2 (4). Pp. 19–25. (In Russian.)

26. Gosudarstvennyy reestr sel'skokhozyaystvennykh kreditnykh potrebitel'skikh kooperativov [State Register of Agricultural Credit Consumer Cooperatives] [e-resource] // Official site of the Bank of Russia. URL: http://www.cbr.ru/registries/microfinance/#a_33636 (appeal date: 20.05.2020). (In Russian.)

27. Obzor klyuchevykh pokazateley mikrofinansovykh institutov, III kvartal 2018. Informatsionno-analiticheskiy material [Review of key indicators of microfinance institutions, III quarter 2018. Information and analytical material] [e-resource] // Official website of the Bank of Russia. URL: http://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/23733/review_mfo_18Q3.pdf (appeal date: 24.05.2020). (In Russian.)

28. Obzor klyuchevykh pokazateley mikrofinansovykh institutov, III kvartal 2019. Informatsionno-analiticheskiy material [Review of key indicators of microfinance institutions, III quarter 2019. Information and analytical material] [e-resource] // Official website of the Bank of Russia. URL: http://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/25677/review_mfi_19Q3.pdf (appeal date: 24.05.2020). (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr G. Mokronosov¹, doctor of economic sciences, professor, ORCID 0000-0002-8644-7932, AuthorID 387112; +7 950 541-27-72; Amokronosov@mail.ru

Anton V. Anisimov², candidate of economic sciences, leading expert, ORCID 0000-0001-6010-2701, AuthorID 260431; +7 922 107-03-52, antony78@yandex.ru

Marina A. Anisimova¹, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID 0000-0001-6010-2702, AuthorID 567809; +7 912 657-95-78; Anisimovama66@gmail.com

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

² Ural Head Office of the Bank of Russia, Ekaterinburg, Russia

К вопросу о структурных сдвигах в территориальном размещении производства молока в условиях Ленинградской области

Н. А. Никонова¹

¹ Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

[✉] E-mail: 79127462539@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены современные особенности территориальной структуры производства молока в условиях отдельного региона. **Целью исследования** являлся анализ динамики развития молочного скотоводства Ленинградской области в территориальном аспекте за 2008–2018 гг. **Основным методом** исследования выступал экономико-статистический анализ данных. **Результаты.** Выявлена специфика произошедших количественных и качественных сдвигов в производстве молока по категориям хозяйств. В разрезе муниципальных районов Ленинградской области проведена их группировка в зависимости от темпов роста (снижения) объемов произведенного молока в хозяйствах всех категорий в 2018 г. по сравнению с 2008 г. Отмечены неблагоприятные тенденции в развитии молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях региона, так как снижение их удельного веса в производстве молока произошло в 13 муниципальных районах Ленинградской области. Определены изменения в объемах государственной поддержки отрасли молочного скотоводства региона в территориальном аспекте за указанный период. Выявлено, что, несмотря на субсидирование производства молока, усиливается его внутрирегиональная локализация. В результате этого в 2018 г. более 50 % объемов общеобластного производства молока обеспечивали всего 4 района Ленинградской области. В остальных 13 районах не создаются предпосылки для занятости населения и развития сельских территорий, а сокращение производства молока в ЛПХ населения достигло 48,3 %. Предложены необходимые меры для сглаживания территориальной неравномерности в производстве молока как условия преодоления депрессивности сельского развития. **Научная новизна исследования** заключается в оценке характера складывающихся территориальных особенностей размещения производства молока в условиях Ленинградской области и его внутрирегиональной дифференциации.

Ключевые слова: территориальная дифференциация, муниципальные районы, производство молока, сельскохозяйственные организации, структурные сдвиги, субсидирование производства.

Для цитирования: Никонова Н. А. К вопросу о структурных сдвигах в территориальном размещении производства молока в Ленинградской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 92–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-92-102.

Дата поступления статьи: 30.07.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Молочное скотоводство нашей страны является важнейшей частью агропродовольственной системы, поскольку оно обеспечивает население ценными продуктами питания, ассортимент которых постоянно расширяется.

Между тем, несмотря на постоянный рост государственной поддержки развития молочного скотоводства, а также комплекс мер по модернизации производства и ресурсосбережению, до сих пор не произошел выход отрасли на траекторию устойчивого развития, и она остается одной из проблемных в агропромышленном комплексе. Отмеченное характерно не только в целом для общероссийского уровня, но и в рамках региональных АПК с дифференциацией в зависимости от глубины проблем. В результате наряду с инновационно-активными товаропроизводителями продолжают функционировать не адаптировавшиеся к рыночной среде субъекты хозяйствования. Они вынуждены покидать рынок молока из-за низкого

уровня доходности производства, что ведет к продолжающемуся процессу сокращения поголовья коров, особенно в удаленных административных районах.

Поэтому представляет определенный научный интерес рассмотрение территориальной динамики развития молочного скотоводства в условиях Ленинградской области, которая является лидером по уровню продуктивности коров в сельскохозяйственных организациях. Здесь, по данным Росстата, в 2019 г. удой молока от 1 коровы составил 8863 кг (первое место в РФ) при среднероссийском показателе 6492 кг. По объемам производства молока во всех категориях хозяйств регион занимал в 2019 г. также первое место на Северо-Западе и 16-е в РФ, а также первое и седьмое соответственно по уровню производства молока в сельскохозяйственных организациях.

Методология и методы исследования (Methods)

В качестве объекта исследования выступали современные проблемы устойчивого развития отрасли молочного

скотоводства. Предметом исследования являлись территориальные аспекты развития отрасли. Объектом наблюдения послужили сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства и личные подсобные хозяйства Ленинградской области. Цель исследования – анализ динамики развития молочного скотоводства Ленинградской области в территориальном аспекте за прошедшее десятилетие.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1) провести анализ особенностей структурных изменений в производстве молока в регионе во всех категориях хозяйств;

2) дать оценку вклада административных районов Ленинградской области в производство молока и его изменений;

3) определить последствия концентрации производства молока в регионе в территориальном разрезе и необходимые меры по повышению удельного веса отстающих территорий.

В ходе исследований была, во-первых, проведена группировка административных районов Ленинградской области по темпам роста (снижения) объемов произведенного молока в хозяйствах всех категорий в 2018 г. по сравнению с 2008 г., после чего районы распределялись на три группы. Во-вторых, проанализирована структура производства молока по категориям хозяйств в группах районов и в целом по региону. В-третьих, определены изменения в отрасли молочного скотоводства сельскохозяйственных организаций по основным производственным показателям. В-четвертых, проведен рейтинг административных районов Ленинградской области по продуктивности коров в сельскохозяйственных организациях. В-пятых, определены размеры финансирования сельскохозяйственных товаропроизводителей по районам Ленинградской области из федерального и областного бюджета, в том числе субсидий на повышение продуктивности в молочном скотоводстве в целом и в расчете на 1 кг молока.

Результаты (Results)

Параметры производства молока в любом регионе и его рейтинг относительно других субъектов РФ определяются не только достигнутыми показателями в развитии молочного скотоводства: поголовье скота, уровень удоев, издержки производства, размер прибыли и другие. Большое значение имеет территориальный аспект, то есть насколько равномерно размещено производство по территории региона, задействованы ли все возможности реализации имеющегося ресурсного потенциала сельской местности для данного вида деятельности. Отсюда значимость проблемы исследования складывающегося размещения производства, в данном случае – молочного скотоводства, что позволит выявить причины территориальной дифференциации производства и найти механизмы для сглаживания.

Как отмечает академик РАН А. И. Костяев, актуальной проблеме территориальной дифференциации сельскохозяйственного производства было посвящено значительное количество работ зарубежных и отечественных авторов начиная с конца XVII в. [1, с. 4]. Многофункциональность

агропродовольственной системы и ее «риско-зависимость» от размещения производства продукции, близости к рынкам сбыта характеризовали академик РАН Э. Н. Крылатых [2] и многие современные экономисты-аграрники. По мнению А. Н. Анищенко, «территориальную дифференциацию целесообразно понимать как явление, отражающее существенные различия между территориями в уровнях развития сельхозпроизводства с учетом природных, социально-экономических, а также биологических факторов» [3, с. 3].

Для повышения эффективности хозяйственной деятельности в условиях рыночных отношений также рядом авторов рассматриваются вопросы специализации регионов по доходным отраслям аграрной экономики, территориальной организации производства, его связи с агробиологическим потенциалом [4–7]. Подходы других исследователей связаны с решением проблемы повышения конкурентоспособности сельскохозяйственного производства на основе модернизации отрасли [8–11], что создает предпосылки для развития аграрного сектора в регионах России.

Молочное скотоводство является очень важным элементом агропродовольственной системы в каждом субъекте Российской Федерации. Поэтому проведение оценки структурных сдвигов в территориальном аспекте на примере Ленинградской области позволит прогнозировать аналогичные будущие изменения в отрасли и их последствия.

Как показал анализ, за период с 2008 по 2018 гг. в данном регионе при общем росте объемов производства молока на 12,4 % соответствующие количественные и качественные изменения произошли в хозяйствах всех категорий. В результате в 11 муниципальных районах объем производства молока увеличился на 20,4 %, в том числе в четырех районах-лидерах – на 25,1 %. Причем среди лидирующих районов следует выделить заметную территориальную дифференциацию: за указанный период наибольший рост производства молока наблюдался в Приозерском районе – 43,2 %, Волосовском – 31,1 %, Волховском – 29,5 %, в то время как в Тосненском районе он составил только 16 %.

По удельному весу в областном производстве молока в 2018 г. первое место занимал Волосовский район (17,9 %), второе – Приозерский (14,3 %), третье – Гатчинский (10,4 %), четвертое – Тосненский район (8,9 %). Одновременно в шести районах Ленинградской области произошло снижение производства молока в хозяйствах всех категорий на 11,5 %. Среди них Подпорожский и Бокситогорский районы с сокращением производства более чем на 65 %, что в первую очередь связано с их удаленностью от Санкт-Петербурга на 200–250 км.

Поэтому территориальные различия в уровне и темпах развития производства далее были определены на основе деления районов Ленинградской области на три группы в зависимости от темпов роста (снижения) объемов произведенного молока в 2018 г. по сравнению к 2008 г.

В первую группу вошли районы, *снизившие производство молока в целом на 11,5 %* (Лужский, Кингисеппский, Ломоносовский, Тихвинский, Подпорожский и Боксито-

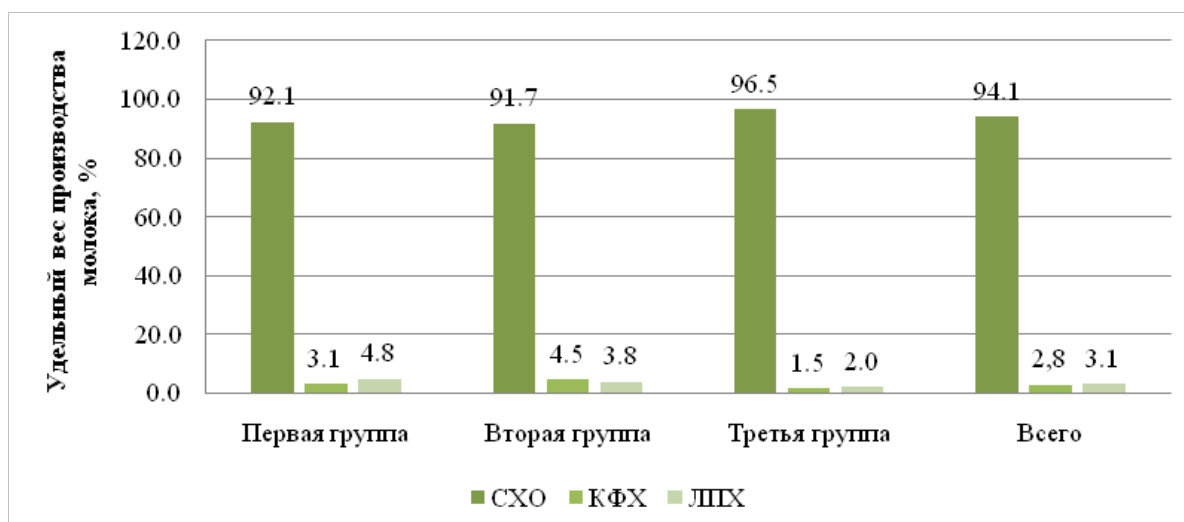


Рис. 1. Структура производства молока по категориям хозяйств в муниципальных районах Ленинградской области, сгруппированных в зависимости от роста (снижения) производства молока в 2018 г. по отношению к 2008 г., %
Источник: рассчитано на основе [12]

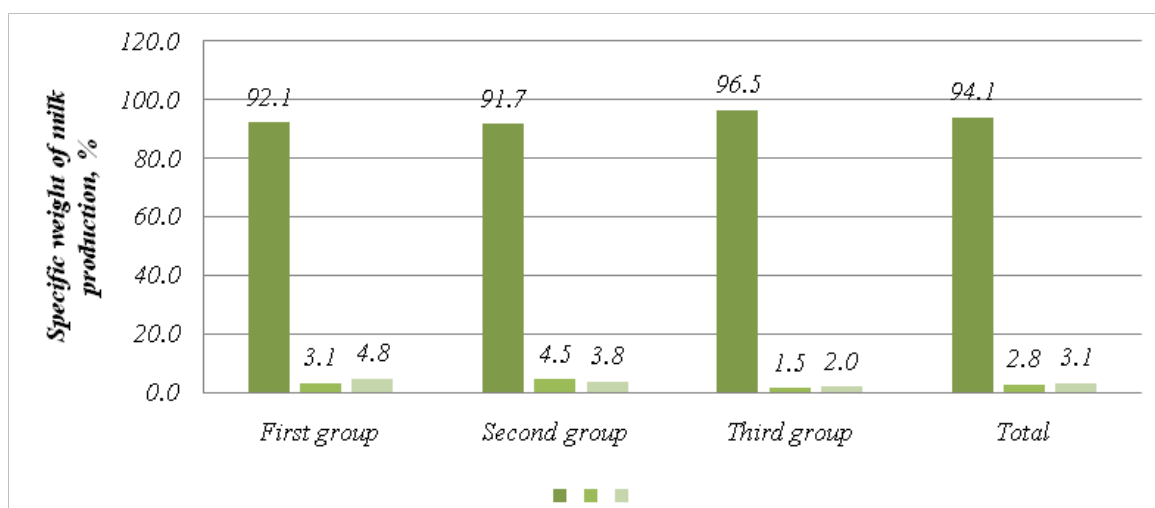


Fig. 1. Structure of milk production by category of farms in municipal districts of the Leningrad region, grouped according to the growth (decrease) of milk production in 2018 in relation to 2008., %
Source: calculated based on [12]

горский), удельный вес которых в общеобластном производстве молока за 2018 г. составил 20 %.

Во вторую группу вошли семь районов с увеличением производства молока до 15 % (Всеволожский, Сланцевский, Выборгский, Киришский, Гатчинский, Лодейнопольский и Кировский) с общим удельным весом производства молока в 2018 г. 31 %.

В третью группу включены четыре района, увеличившие объем производства молока свыше 15 %, с темпом роста 31 % (Приозерский, Волосовский, Волховский и Тосненский), удельный вес в производстве молока в 2018 г. составил 49 %.

В сложившейся структуре производства молока по категориям хозяйств в Ленинградской области наибольший удельный вес имеют сельскохозяйственные организации – 94,1 %, у личных подсобных хозяйств он составляет 3,1 %, у крестьянских (фермерских) хозяйств – 2,7 % (рис. 1).

В период с 2008 г. по 2018 г. в Ленинградской области наибольший рост производства молока показали крестьянские (фермерские) хозяйства, которые увеличили производство в 2,8 раза, в то время как сельхозорганиза-

ции – на 14,9 %, а личные подсобные хозяйства сократили производство на 48,3 %. Среди выделенных трех групп муниципальных районов региона именно третья группа характеризуется наибольшим ростом производства молока в сельскохозяйственных организациях (на 35 %), одновременно наибольшее его снижение произошло в ЛПХ населения (более чем 52 %), в то время как в среднем по всем группам оно уменьшилось на 43 %. Также в каждой из групп муниципальных районов произошло повышение объемов производства молока в К(Ф)Х более чем в 2,2 раза, а во второй группе – в 3,7 раза.

В целом положительный структурный сдвиг в производстве молока (7 %) и по поголовью коров (6,8) наблюдался только в третьей группе районов-лидеров, а во второй их группе структурный сдвиг был отрицательным как по производству молока (–1,6 %), так и по поголовью коров (–1,9 %). Объективно, что в первой группе произошли самые негативные структурные изменения: сокращение на 5,4 % по производству молока и на 4,9 % по поголовью коров (таблица 1).

Рассматривая динамику изменения поголовья коров Ленинградской области во всех категориях хозяйств за 10-летний период, также можно сделать вывод о значительной территориальной дифференциации. Наибольший прирост поголовья наблюдался в Приозерском районе (31,4 %) при 20,8 % увеличения в Киришском, 5 % – в Волховском, 1,4 % – в Тосненском и 0,9 % – в Волосовском районах. Одновременно произошло существенное снижение поголовья коров в Подпорожском (на 76,9 %) и Бокситогорском районах (на 66,1 %).

Исходя из того, что в Ленинградской области определяющую роль в развитии молочного скотоводства играют сельскохозяйственные организации, рассмотрим в них динамику производства, поголовья и продуктивности коров как основные качественные характеристики условий и результативности воспроизводственного процесса в отрасли.

Из данных таблицы 2 видно, что в 2018 г. снижение удельного веса сельскохозяйственных организаций в производстве молока произошло в 13 районах Ленинградской области. Это явилось результатом сокращения поголовья коров в них, численность которых в 2018 г. составляла даже в целом по Ленинградской области только 92,6 % к уровню 2008 г., хотя темпы снижения и были меньше общероссийского показателя, равного 85 % по сравнению с 2008 г. (таблица 2). В остальных 4 районах структурный сдвиг показывал положительную динамику: в Приозерском и Волосовском районах – соответственно 3 % и 2,9 %, в Волховском и Тосненском районах –1,3 % и 0,4 %.

По данным Петростата, в сельскохозяйственных организациях Ленинградской области в 2018 г. продуктивность коров составила 8183 кг, также и в 13 муниципальных рай-

онах продуктивность коров была выше среднероссийского показателя. Между тем следует отметить, что только в четырех районах региона продуктивность коров была *выше* среднеобластного показателя (рис. 2), а в четырех районах – *ниже* среднероссийского показателя (5945 кг).

В научной литературе [13], [14] высказывается мнение, что для поддержания устойчивости отрасли на рынке молока необходимы комплексный подход и стабильные «правила игры», когда производители будут уверены в завтрашнем дне, смогут вести расширенное воспроизводство. Безусловно, одним из механизмов, способствующих обеспечению стабильности функционирования хозяйств молочной специализации, является субсидия на 1 кг реализованного и (или) отгруженного в собственную переработку молока, которая, к сожалению, не имеет устойчивой тенденции к росту ее размеров.

Проведем оценку вклада объемов государственной поддержки в результативность развития молочного скотоводства муниципальных районов Ленинградской области. Для этого на основе информации о финансировании сельскохозяйственных товаропроизводителей из федерального и областного бюджетов за 2013 г. и 2018 г. выделим хозяйства, получающие субсидию на повышение продуктивности в молочном скотоводстве (или до 2017 г. субсидию на 1 кг реализованного и (или) отгруженного на собственную переработку молока). Изучив динамику выплат данных субсидий в условиях региона с 2013 г. по 2018 г., можно сделать вывод, что указанная прямая бюджетная поддержка составляет незначительную величину, средний размер которой за последние 6 лет составил всего 1 руб. 38 коп. (таблица 3).

Таблица 1
Группировка муниципальных районов Ленинградской области в зависимости от удельного веса в производстве молока и поголовье коров во всех категориях хозяйств

Группы	Количество районов	Удельный вес группы районов, %				Темпы изменения производства молока в 2018 г. к 2008 г.			
		В производстве молока		В поголовье коров					
		2008 г.	2018 г.	2008 г.	2018 г.	СХО	КФХ	ЛПХ	Всего
Первая	6	25,3	19,9	26,1	21,2	90,3	220,8	50,1	88,5
Вторая	7	32,6	31,0	35,1	33,2	107,0	370,7	57,1	106,8
Третья	4	42,1	49,1	38,8	45,6	135,0	227,1	47,8	131,0
Итого	17	100,0	100,0	100,0	100,0	114,9	280,6	51,7	112,4

Источник: рассчитано на основе [12].

Table 1
Grouping of municipal districts of the Leningrad region depending on the specific weight in milk production and the number of cows in all categories of farms

Groups	Number of districts	Specific weight of a group of districts, %				The rate of change in milk production in 2018 to 2008			
		In milk production		In the herd of cows					
		2008	2018	2008	2018	Agriculture organization	Farmers' farms	Personal subsidiary plot	Total
First	6	25.3	19.9	26.1	21.2	90.3	220.8	50.1	88.5
Second	7	32.6	31.0	35.1	33.2	107.0	370.7	57.1	106.8
Third	4	42.1	49.1	38.8	45.6	135.0	227.1	47.8	131.0
Subtotal	17	100.0	100.0	100.0	100.0	114.9	280.6	51.7	112.4

Source: calculated based on [12].

Таблица 2

**Территориальные изменения в отрасли молочного скотоводства сельскохозяйственных организаций
Ленинградской за 2008–2018 гг.**

Регионы	Структурный сдвиг по доле региона в производстве молока в СХО	Продуктивность коров, кг		Поголовье коров, тыс. гол.		Производство молока, тыс. т	
		2008 г.	2018 г.	2008 г.	2018 г.	2008 г.	2018 г.
Российская Федерация	х	3 892	5 945	3 862,8	3 283,0	14 246,2	16 245,1
СЗФО	0,3	4 876	7 263	280	259,1	1 372,5	1 602,6
Ленинградская область, всего	–0,6	6 597	8 183	77,3	71,6	509,8	585,5
В том числе районы: Бокситогорский	–0,2	3 887	3 393	0,3	0,1	1,2	0,3
Волосовский	2,9	7 309	9 684	10,8	11,1	79,2	107,6
Волховский	1,3	5 987	7 442	6,0	6,5	35,9	48,6
Всеволожский	–0,4	7 097	9 735	5,1	4,0	36,3	39,4
Выборгский	–0,1	5 803	7 079	5,3	4,8	30,6	34,3
Гатчинский	–0,7	6 055	7 825	9,2	7,7	55,6	60,0
Кингисеппский	–1,1	6 771	8 122	5,0	4,0	33,6	32,1
Киришский	–0,3	5 502	5 673	2,8	2,8	15,3	15,9
Кировский	–0,2	6 693	8 260	0,7	0,5	4,9	4,4
Лодейнопольский	–0,5	4 437	6 482	1,5	0,7	6,6	4,8
Ломоносовский	–1,6	7 178	7 639	4,6	3,7	33,2	28,5
Лужский	–1,3	6 560	7 994	6,7	5,3	43,7	42,6
Подпорожский	–0,3	4 360	333	0,4	0,0	1,6	0,0
Приозерский	3,0	7 898	9 040	7,5	9,4	58,9	84,9
Сланцевский	–0,1	6 932	8 130	2,3	2,2	16,1	18,2
Тихвинский	–0,8	4 473	5 409	2,9	1,9	13,0	10,5
Тосненский	0,4	7 032	8 094	6,3	6,6	44,3	53,5

Источник: рассчитано на основе [12].

Table 2

Territorial changes in the dairy farming industry of agricultural organizations of Leningrad region in 2008–2018

Regions	Structural shift in the region's share of milk production in agricul- tural organizations	The productivity of cows, kg		Number of cows, thousand heads		Milk production, thousand tons	
		2008	2018	2008	2018	2008	2018
Russian Federation	х	3 892	5 945	3 862.8	3 283.0	14 246.2	16 245.1
North-Western Federal district	0.3	4 876	7 263	280	259.1	1 372.5	1 602.6
Leningrad region, total	–0.6	6 597	8 183	77.3	71.6	509.8	585.5
Including districts: Boksitogorskiy	–0.2	3 887	3 393	0.3	0.1	1.2	0.3
Volosovskiy	2.9	7 309	9 684	10.8	11.1	79.2	107.6
Volkhovskiy	1.3	5 987	7 442	6.0	6.5	35.9	48.6
Vsevolozhskiy	–0.4	7 097	9 735	5.1	4.0	36.3	39.4
Vyborgskiy	–0.1	5 803	7 079	5.3	4.8	30.6	34.3
Gatchinskiy	–0.7	6 055	7 825	9.2	7.7	55.6	60.0
Kingiseppskiy	–1.1	6 771	8 122	5.0	4.0	33.6	32.1
Kirishskiy	–0.3	5 502	5 673	2.8	2.8	15.3	15.9
Kirovskiy	–0.2	6 693	8 260	0.7	0.5	4.9	4.4
Lodeynopol'skiy	–0.5	4 437	6 482	1.5	0.7	6.6	4.8
Lomonosovskiy	–1.6	7 178	7 639	4.6	3.7	33.2	28.5
Luzhskiy	–1.3	6 560	7 994	6.7	5.3	43.7	42.6
Podporozhskiy	–0.3	4 360	333	0.4	0.0	1.6	0.0
Priozerskiy	3.0	7 898	9 040	7.5	9.4	58.9	84.9
Slantsevskiy	–0.1	6 932	8 130	2.3	2.2	16.1	18.2
Tikhvinskiy	–0.8	4 473	5 409	2.9	1.9	13.0	10.5
Tosnenskiy	0.4	7 032	8 094	6.3	6.6	44.3	53.5

Source: calculated based on [12].

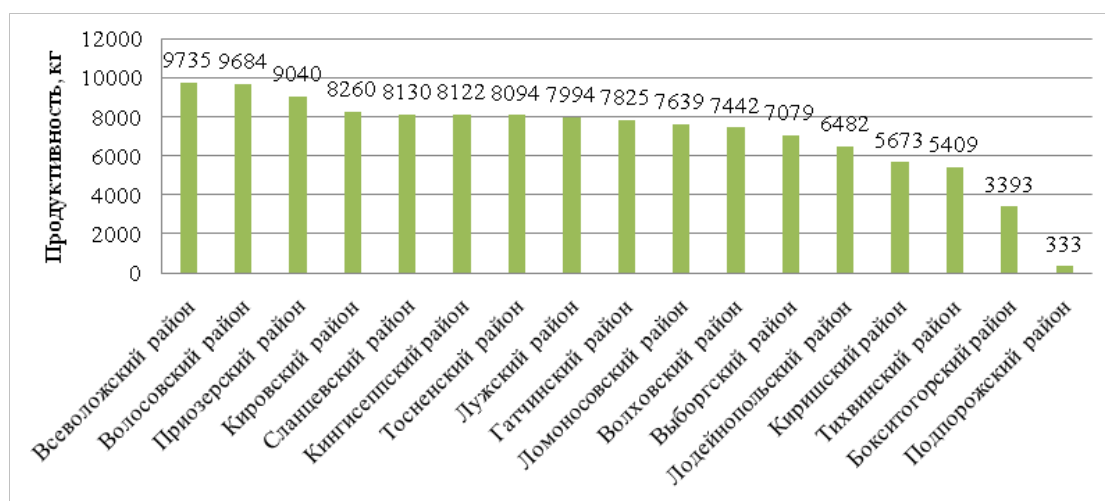


Рис. 2. Рейтинг муниципальных районов Ленинградской области по продуктивности коров в сельскохозяйственных организациях в 2018 году, кг. Источник: рассчитано на основе [12]



Fig. 2. Rating of municipal districts of the Leningrad region for cow productivity in agricultural organizations in 2018, kg
Source: calculated based on [12]

Данные таблицы 3 отражают дифференциацию субсидий на 1 кг реализованного и (или) отгруженного на собственную переработку молока по районам Ленинградской области, что связано с территориальной неоднородностью в развитии молочного скотоводства региона. В результате на долю четырех муниципальных районов (Волосовского, Приозерского, Волховского и Гатчинского), в которых производится 51 % общего валового производства молока, приходится по годам от 52,3 до 55,7 % общерегионального объема выделяемых бюджетных средств (таблица 4).

Поэтому в данном случае можно отметить отчетливое действие причинно-следственной связи: уменьшение объемов производства молока приводит к сокращению суммы государственного субсидирования отрасли. Далее этот процесс вызывает закономерное снижение производственной активности хозяйствующих субъектов на рынке молочной продукции.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенные исследования позволяют согласиться с утверждением академика РАН А. И. Костяева, что при сравнении факторов территориальной дифференциации сельскохозяйственного производства в Ленинградской области фактор местоположения просматривается сильнее, чем плодородие почв [1, с. 88]. Безусловно, рассматри-

вая структурные сдвиги в развитии производства молока в данном регионе, необходимо учитывать особенности каждого из пяти типов территорий, освоенных в сельскохозяйственном отношении: периферия, полупериферия, пригородные территории, территории основного сельхозпроизводства, приграничные территории [1, с. 127–128].

Однако в целом можно сделать вывод, что с 2008 г. лидерство в развитии молочной отрасли Ленинградской области сохраняют всего четыре ее района из 17. Высокая концентрация производства молока в них сочетается с продолжающимся сокращением этой деятельности на остальных территориях, особенно в таких отдаленных районах, как Бокситогорский и Подпорожский. Если за 10-летний период удельный вес третьей группы районов-лидеров в общеобластном поголовье коров вырос на 6,8 %, производстве молока – на 7 %, то в остальных 13 муниципальных районах произошло снижение по поголовью коров с 61,2 до 54,4 %, по объемам производства молока – с 57,9 до 50,9 %. Рассмотрение внутрирайонной дифференциации указывает на еще более существенные изменения в отрасли, когда на территории практически прекращается деятельность сельскохозяйственных организаций молочной специализации.

Таблица 3

Размеры выплаченных субсидий на повышение продуктивности в молочном скотоводстве по муниципальным районам Ленинградской области (в расчете на 1 кг реализованного молока за 2013–2018 гг., руб.)

Муниципальные районы	Годы					
	2013	2014	2015	2016	2017*	2018*
Бокситогорский	–	0,5	0,8	1,9	–	–
Волосовский	1,7	1,5	1,2	1,7	1,1	1,1
Волховский	1,9	2,1	1,6	1,8	1,1	1,2
Всеволожский	1,6	1,0	1,0	1,5	0,9	1,1
Выборгский	1,7	1,7	1,3	1,3	1,0	1,0
Гатчинский	1,4	1,6	1,3	1,5	1,0	0,9
Кингисеппский	1,6	2,1	1,4	1,6	1,0	1,1
Киришский	1,5	2,1	1,4	1,9	1,2	1,4
Кировский	1,3	1,6	1,1	1,3	1,0	1,3
Лодейнопольский	1,7	3,3	2,1	2,0	1,4	1,2
Ломоносовский	1,3	1,3	1,0	1,1	0,9	0,9
Лужский	1,2	1,6	1,2	1,4	0,9	0,9
Подпорожский	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Приозерский	2,0	2,0	1,4	1,5	1,1	1,1
Сланцевский	1,8	1,7	1,4	1,4	1,0	1,1
Тихвинский	1,6	1,8	1,6	1,8	1,3	1,3
Тосненский	1,2	1,4	0,9	1,5	0,7	0,7
Итого	1,7	1,7	1,3	1,5	1,1	1,0

Источники: [15], данные комитета АПК отчеты по животноводству за 2013, 2014, 2015 гг.

* [16, с. 39].

Table 3

The amount of subsidies paid to increase productivity in dairy cattle breeding in municipal districts of the Leningrad region (calculated for 1 kg of milk sold in 2013–2018, rubles)

Municipal district	Years					
	2013	2014	2015	2016	2017*	2018*
Boksitogorskiy	–	0.5	0.8	1.9	–	–
Volosovski	1.7	1.5	1.2	1.7	1.1	1.1
Volkhovskiy	1.9	2.1	1.6	1.8	1.1	1.2
Vsevolozhskiy	1.6	1.0	1.0	1.5	0.9	1.1
Vyborgskiy	1.7	1.7	1.3	1.3	1.0	1.0
Gatchinskiy	1.4	1.6	1.3	1.5	1.0	0.9
Kingiseppskiy	1.6	2.1	1.4	1.6	1.0	1.1
Kirishskiy	1.5	2.1	1.4	1.9	1.2	1.4
Kirovskiy	1.3	1.6	1.1	1.3	1.0	1.3
Lodeynopol'skiy	1.7	3.3	2.1	2.0	1.4	1.2
Lomonosovskiy	1.3	1.3	1.0	1.1	0.9	0.9
Luzhskiy	1.2	1.6	1.2	1.4	0.9	0.9
Podporozhskiy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Priozerskiy	2.0	2.0	1.4	1.5	1.1	1.1
Slantsevskiy	1.8	1.7	1.4	1.4	1.0	1.1
Tikhvinskiy	1.6	1.8	1.6	1.8	1.3	1.3
Tosnenskiy	1.2	1.4	0.9	1.5	0.7	0.7
Subtotal	1.7	1.7	1.3	1.5	1.1	1.0

Sources: [15], data of the AIC committee, reports on livestock for 2013, 2014, 2015.

* [16, p. 39].

Существуют риски ухудшения условий функционирования и эффективности молочной отрасли после снятия карантинных мер, так как сокращаются доходы населения и, соответственно, снижается платежеспособный спрос,

более того, курсовые колебания валюты за последние пять лет ведут к росту стоимости закупаемых за рубежом комплектующих и запасных частей импортного производства, многих расходных материалов, племенного скота.

Таблица 4

Объемы финансирования сельхозпроизводителей из федерального и областного бюджетов в муниципальных районах Ленинградской области (субсидии на повышение продуктивности в молочном скотоводстве) в 2013–2018 гг., млн руб.

Муниципальные районы	Годы						2018 г. в % к	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013 г.	2017 г.
Бокситогорский	0,0	0,3	0,7	0,8	0,6	0,0	—	—
Волосовский	133,8	131,2	109,8	144,5	112,5	115,4	86,2	102,6
Волховский	58	67,2	56,2	72,9	53,3	65	112,1	122,0
Всеволожский	49,3	32,2	34,2	50,6	21,3	27,6	56,0	129,6
Выборгский	55,3	56,1	42,8	45,5	31,3	31,3	56,6	100,0
Гатчинский	67,4	79,1	68,1	80,4	59	57,6	85,5	97,6
Кингисепский	37,8	48,6	37	43,9	30,8	33,4	88,4	108,4
Киришский	22,2	32	20,6	30,8	24	26,6	119,8	110,8
Кировский	4,8	5,8	4,1	4,7	3,9	5,0	104,2	128,2
Лодейнопольский	4,4	11,2	8	8,5	6,1	5,5	125,0	90,2
Ломоносовский	35,5	37,7	29,7	31,8	27,6	28,9	81,4	104,7
Лужский	37,7	51,5	43,4	48	36	34,9	92,6	96,9
Подпорожский	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Приозерский	126,5	136,2	102,5	118,1	92,5	93,3	73,8	100,9
Сланцевский	28	25,4	22,1	22,9	16,6	19,2	68,6	115,7
Тихвинский	20,7	21,5	19,3	18,8	15,6	14,5	70,0	92,9
Тосненский	56,1	68,7	42,2	54,0	35,4	35,6	63,5	100,6
Итого	737,5	804,7	640,7	776,2	566,5	593,8	80,5	104,8

Источник: [15].

Table 4

The volume of financing of agricultural producers from the Federal and regional budgets in the municipal districts of the Leningrad region (subsidies for increasing productivity in dairy farming) in 2013-2018, million rubles

Municipal district	Years						2018 in % of	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2017
Boksitogorskiy	0.0	0.3	0.7	0.8	0.6	0.0	—	—
Volosovskiy	133.8	131.2	109.8	144.5	112.5	115.4	86.2	102.6
Volkhovskiy	58	67.2	56.2	72.9	53.3	65	112.1	122.0
Vsevolozhskiy	49.3	32.2	34.2	50.6	21.3	27.6	56.0	129.6
Vyborgskiy	55.3	56.1	42.8	45.5	31.3	31.3	56.6	100.0
Gatchinskiy	67.4	79.1	68.1	80.4	59	57.6	85.5	97.6
Kingiseppskiy	37.8	48.6	37	43.9	30.8	33.4	88.4	108.4
Kirishskiy	22.2	32	20.6	30.8	24	26.6	119.8	110.8
Kirovskiy	4.8	5.8	4.1	4.7	3.9	5.0	104.2	128.2
Lodeynopol'skiy	4.4	11.2	8	8.5	6.1	5.5	125.0	90.2
Lomonosovskiy	35.5	37.7	29.7	31.8	27.6	28.9	81.4	104.7
Luzhskiy	37.7	51.5	43.4	48	36	34.9	92.6	96.9
Podporozhskiy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Priozerskiy	126.5	136.2	102.5	118.1	92.5	93.3	73.8	100.9
Slantsevskiy	28	25.4	22.1	22.9	16.6	19.2	68.6	115.7
Tikhvinskiy	20.7	21.5	19.3	18.8	15.6	14.5	70.0	92.9
Tosnenskiy	56.1	68.7	42.2	54.0	35.4	35.6	63.5	100.6
Subtotal	737.5	804.7	640.7	776.2	566.5	593.8	80.5	104.8

Source: [15].

Устойчивого развития отрасли в территориальном аспекте в текущей ситуации можно добиться, если будет необходима государственная поддержка участников молочного рынка. Причем в первую очередь требуются бюджетные субсидии представителям аграрной сферы, особенно в отдаленных территориях региона. Как показали исследования, при уходе с рынка молочной продукции сельскохозяйственных организаций эту нишу могут занять малые формы хозяйствования.

Согласно данным Комитета по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области, в 2019 г. было определено 4 победителя на создание семейных животноводческих ферм при средней сумме гранта в размере 12,7 млн руб., а в 2018 г. их было 11 при таком же количестве начинающих фермеров, равном 17. Работу в данном направлении, безусловно, необходимо расширять, включая мероприятия программы «Ленинградский гектар», когда ее участники получают по 10 га земли и 3 млн руб. подъемных из регионального бюджета.

Следует присоединиться к мнению академика РАН А. В. Петрикова, считающего необходимым обеспечить «... приоритетное развитие малых и средних сельскохозяй-

ственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, что предполагает перераспределение в их пользу бюджетной поддержки, развитие вертикальной сельскохозяйственной кооперации и т. н. „контрактного сельского хозяйства“, когда крупное предприятие – рыночный интегратор передает часть своего производственного цикла, а именно производство сырья, более мелким хозяйственным единицам, поставляя им необходимые производственные ресурсы, перерабатывая и реализуя их продукцию [17, с. 224].

Таким образом, обобщая результаты проведенного исследования, следует констатировать, что при регулировании процесса внутрирегиональной дифференциации производства молока необходимо усилить меры по увеличению вклада отстающих в настоящее время территорий [18]. Это позволит получить синергический эффект от выделяемых средств господдержки отрасли, в том числе за счет расширения занятости сельского населения при переработке продукции [19], создания условий для воспроизводства квалифицированных кадров [20–22] и перехода на новую траекторию развития периферийных сельских территорий.

Библиографический список

1. Костяев А. И. Территориальная дифференциация сельскохозяйственного производства: вопросы методологии и теории: монография. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2006. 240 с.
2. Крылатых Э. Н. Агропродовольственный сектор: многофункциональность, факторы развития, риски // Сельское хозяйство в современной экономике: новая роль, факторы роста, риски: сборник материалов международной научно-практической конференции «Никоновские чтения – 2009». Москва, 2009. С. 10–12.
3. Анищенко А. Н. Территориальная дифференциация сельскохозяйственного производства: региональный аспект // Агрозоотехника. 2018. Том 1. № 4. С. 6–25. DOI: 10.15838/alt.2018.1.4.6.
4. Гурнович Т. Г., Остапенко Е. А. Особенности социально-экономического развития территорий южного макрорегиона в условиях пространственной конкуренции // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 73–83. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-73-83.
5. Гончаров В. Д., Котеев С. В. Совершенствование территориальной организации животноводства в России // Экономика сельского хозяйства России. 2015. № 3. С. 55–60.
6. Суровцев В. Н., Никулина Ю. Н. Перспективы развития молочного животноводства в регионах России с различным агробиологическим потенциалом // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 2. С. 49–58. DOI: 10.32651/2070-0288-2018-2-49-58.
7. Чирков Е. П., Ларетин Н. А. Экономическое обоснование методологических основ и приоритетных направлений развития кормовой базы молочного скотоводства // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 1 (25). С. 61–69.
8. Трафимов А. Г. Проблемы технологической модернизации сельскохозяйственных организаций // АПК: экономика, управление. 2017. № 2. С. 27–35.
9. Артемова Е. И. Курсом инновационного развития // Экономика сельского хозяйства России. 2006. № 2. С. 8.
10. Суровцев В. Н., Частикова Е. Н., Никулина Ю. Н. Региональный экономический механизм повышения конкурентоспособности производства молока: сущность и проблемы моделирования: монография. СПб.: СПбГУЭФ, 2010. 192 с.
11. Трусова Н. А. Модернизация отрасли молочного скотоводства как фактор повышения его конкурентоспособности // Молодежь и инновации – 2017: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. Ч. 2. Республика Беларусь, Горки, 2017. С. 163–165.
12. Петростат: Сельское хозяйство Ленинградской области [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst41/DBInet.cgi> (дата обращения: 15.04.2020).
13. Петриков А. В. Государственная поддержка сельского хозяйства крепнет // Экономика сельского хозяйства России. 2009. № 6. С. 8–13.
14. Лаврикова Ю. Г., Омаров М. М., Омарова Н. Ю. [и др.] Продовольственный рынок регионов России: новый вектор развития: монография. Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2018. 776 с.
15. Сведения об использовании бюджетных средств: информация о финансировании из федерального и областного бюджета за 2013–2018 гг. [Электронный ресурс]. URL: <http://agroprom.lenobl.ru/gos/fin/fin2011/operinfo> (дата обращения: 03.04.2020).
16. Агропромышленный комплекс Ленинградской области и Санкт-Петербурга в 2018: статистический бюллетень. СПб.: Петростат, 2019. 42 с.
17. Петриков А. В. Экономические и социальные проблемы современного этапа развития агропродовольственной системы России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2019. Т. 218. № 4. С. 219–226.

18. Буга З. К., Костяев А. И., Мицкевич А. А. Оценка эффективности и приоритетов развития АПК // Аграрная наука. 1993. № 4. С. 16–17.
19. Трусова Н. А. Проблемы и возможности переработки молока в сельскохозяйственных организациях // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 8. С. 62–67. DOI: 10.32651/2070-0288-2018-8-62-67.
20. Kuznetsova A., Kolevid G., Kostyaev A., Nikonova G., Akhmetyanova A. Reproduction of the qualified personnel of working professions in agriculture // Hradec Economic Days. Double-blind peer-reviewed proceedings part II of the International Scientific Conference Hradec Economic Days 2019. 2019. Pp. 11–22. DOI: 10.36689/uhk/hed/2019-02-001.
21. Трубилин А. И. Традиции, фундаментальность, инновации // Высшее образование в России. 2013. № 1. С. 55–59.
22. Bershitskiy Y. I., Safonova M. F., Sayfetdinov A. R. Methodical features for substantiating the directions and evaluations of the effectiveness of innovative development in meat cattle breeding of the region // Espacios. 2019. T. 40. No. 10. P. 21.

Об авторах:

Наталья Александровна Никонова¹, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1504-7253, AuthorID 877660;
+7 952 247-26-18, 79127462539@mail.ru

¹ Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

The question of structural changes in the territorial location of milk production in the Leningrad Region

N. A. Nikonova¹

¹ Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

E-mail: 79127462539@mail.ru

Abstract. Modern features of the territorial structure of milk production in a separate region are considered. **The purpose** of the study was to analyze the dynamics of dairy cattle breeding in the Leningrad region in the territorial aspect for 2008–2018. **The main method** of research was economic and statistical analysis of data and their comparative evaluation. **Results.** The specificity of quantitative and qualitative changes in milk production by category of farms has been revealed. In the context of municipal districts of the Leningrad region, they were grouped depending on the growth rate (decrease) in the volume of milk produced in farms of all categories in 2018 compared to 2008. Adverse trends in the development of dairy cattle breeding in agricultural organizations of the region were noted, as their share in milk production decreased in 13 municipal districts of the Leningrad region. Changes in the volume of state support for the dairy cattle industry in the region in the territorial aspect for the specified period were determined. It is revealed that, despite the subsidies in milk production, increased its intra-regional localization. As a result, in 2018, more than 50 % of the volume of regional milk production was provided by only 4 districts of the Leningrad region. In the remaining 13 districts, there are no prerequisites for employment and rural development, and the reduction in milk production in rural areas has reached 48.3 %. The necessary measures are proposed to smooth out the territorial unevenness in milk production as a condition for overcoming the depressiveness of rural development. **The scientific novelty** of the study is to assess the nature of the emerging territorial features of the placement of milk production in the Leningrad region and its intraregional differentiation.

Keywords: territorial differentiation, municipal districts, milk production, agricultural organizations, structural shifts, subsidizing production.

For citation: Nikonova N. A. K voprosu o strukturnykh sdvigakh v territorial'nom razmeshchenii proizvodstva moloka v usloviyakh Leningradskoy oblasti [On the issue of structural shifts in the territorial distribution of milk production in the Leningrad region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 09 (200). Pp. 92–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-200-9-92-102. (In Russian.)

Paper submitted: 30.07.2020.

References

1. Kostyaev A. I. Territorial'naya differentsiatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: voprosy metodologii i teorii: monografiya [Territorial differentiation of agricultural production: questions of methodology and theory: monograph]. Saint-Petersburg: Izd-vo SPbGUEF, 2006. 240 p. (In Russian.)
2. Krylatykh E. N. Agroproduktivnyy sektor: mnogofunktsional'nost', faktory razvitiya, riski [Agri-food sector: multifunctionality, development factors, risks] // Sel'skoe khozyaystvo v sovremennoy ekonomike: novaya rol', faktory rosta, riski: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Nikonovskie chteniya – 2009". Moscow, 2009. Pp. 10–12. (In Russian.)
3. Anishchenko A. N. Territorial'naya differentsiatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: regional'nyy aspekt [Territorial differentiation of agricultural production: regional aspect] // Agricultural and Livestock Technology. 2018. Vol. 1. No. 4. Pp. 6–25. DOI: 10.15838/alt.2018.1.4.6. (In Russian.)

4. Gurnovich T. G., Ostapenko E. A. Osobennosti sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territoriy yuzhnogo makroregiona v usloviyakh prostranstvennoy konkurentsii [Features of the socio-economic development of the territories of the southern macroregion in the context of spatial competition] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 73–83. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-73-83. (In Russian.)
5. Goncharov V. D., Koteev S. V. Sovershenstvovanie territorial'noy organizatsii zhivotnovodstva v Rossii [Improving the territorial organization of animal husbandry in Russia] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2015. No. 3. Pp. 55–60. (In Russian.)
6. Surovtsev V. N., Nikulina Yu. N. Perspektivy razvitiya molochnogo zhivotnovodstva v regionakh Rossii s razlichnym agrobiologicheskim potentsialom [Prospects for the development of dairy farming in Russian regions with different agrobiological potential] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2018. No. 2. Pp. 49–58. DOI: 10.32651/2070-0288-2018-2-49-58. (In Russian.)
7. Chirkov E. P., Laretin N. A. Ekonomicheskoe obosnovanie metodologicheskikh osnov i prioritnykh napravleniy razvitiya kormovoy bazy molochnogo skotovodstva [Economic substantiation of the methodological foundations and priority directions for the development of the fodder base of dairy cattle breeding] // Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva. 2017. No. 1 (25). Pp. 61–69. (In Russian.)
8. Trafimov A. G. Problemy tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy [Problems of technological modernization of agricultural organizations] // APK: ekonomika, upravlenie. 2017. No. 2. Pp. 27–35. (In Russian.)
9. Artemova E. I. Kursom innovatsionnogo razvitiya [By innovative development course] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2006. No. 2. P. 8. (In Russian.)
10. Surovtsev V. N., Chastikova E. N., Nikulina Yu. N. Regional'nyy ekonomicheskyy mekhanizm povysheniya konkurentosposobnosti proizvodstva moloka: sushchnost' i problemy modelirovaniya: monografiya [Regional economic mechanism for increasing the competitiveness of milk production: the essence and problems of modeling: monograph]. Saint Petersburg: SPbGUEF, 2010. 192 p. (In Russian.)
11. Trusova N. A. Modernizatsiya otrasli molochnogo skotovodstva kak faktor povysheniya ego konkurentosposobnosti [Modernization of the dairy farming industry as a factor in increasing its competitiveness] // Molodezh' i innovatsii – 2017: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh. Ch. 2. Respublika Belarus, Gorki, 2017. Pp. 163–165. (In Russian.)
12. Petrostat: Sel'skoe khozyaystvo Leningradskoy oblasti [Petrostat: Agriculture of the Leningrad region] [e-resource]. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst41/DBInet.cgi> (appeal date: 15.04.2020). (In Russian.)
13. Petrikov A. V. Gosudarstvennaya podderzhka sel'skogo khozyaystva krepnet [Government support for agriculture grows stronger] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2009. No. 6. Pp. 8–13. (In Russian.)
14. Lavrikova Yu. G., Omarov M. M., Omarova N. Yu., et al. Prodovol'stvennyy rynek regionov Rossii: novyy vektor razvitiya: monografiya [Food market of Russian regions: a new vector of development: monograph]. Ekaterinburg: Ural'skoe otделение RAN, 2018. 776 p. (In Russian.)
15. Svedeniya ob ispol'zovanii byudzhetykh sredstv: informatsiya o finansirovanii iz federal'nogo i oblastnogo byudzheta za 2013–2018 gg. [Information on the use of budgetary funds: information on financing from the federal and regional budgets for 2013–2018] [e-resource]. URL: <http://agroprom.lenobl.ru/gos/fin/fin2011/operinfo> (appeal date: 03.04.2020). (In Russian.)
16. Agropromyshlennyy kompleks Leningradskoy oblasti i Sankt-Peterburga v 2018: statisticheskiy byulleten' [Agro-industrial complex of the Leningrad region and Saint Petersburg in 2018: statistical bulletin]. Saint Petersburg: Petrostat, 2019. 42 p. (In Russian.)
17. Petrikov A. V. Ekonomicheskie i sotsial'nye problemy sovremennogo etapa razvitiya agroprodovol'stvennoy sistemy Rossii [Economic and social problems of the current stage of development of the agri-food system of Russia] // Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii. 2019. Vol. 218. No. 4. Pp. 219–226. (In Russian.)
18. Buga Z. K., Kostyaev A. I., Mitskevich A. A. Otsenka effektivnosti i prioritov razvitiya APK [Evaluation of the efficiency and development priorities of the agro-industrial complex] // Agrarian science. 1993. No. 4. Pp. 16–17. (In Russian.)
19. Trusova N. A. Problemy i vozmozhnosti pererabotki moloka v sel'skokhozyaystvennykh organizatsiyakh [Problems and possibilities of milk processing in agricultural organizations] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2018. No. 8. Pp. 62–67. DOI: 10.32651/2070-0288-2018-8-62-67. (In Russian.)
20. Kuznetsova A., Kolevid G., Kostyaev A., Nikonova G., Akhmetyanova A. Reproduction of the qualified personnel of working professions in agriculture // Hradec Economic Days. Double-blind peer-reviewed proceedings part II of the International Scientific Conference Hradec Economic Days 2019. 2019. Pp. 11–22. DOI: 10.36689/uhk/hed/2019-02-001.
21. Trubilin A. I. Traditsii, fundamental'nost', innovatsii [Traditions, fundamentality, innovation] // Higher Education in Russia. 2013. No. 1. Pp. 55–59. (In Russian.)
22. Bershitskiy Y. I., Safonova M. F., Sayfetdinov A. R. Methodical features for substantiating the directions and evaluations of the effectiveness of innovative development in meat cattle breeding of the region // Espacios. 2019. T. 40. No. 10. P. 21.

Authors' information:

Natalya A. Nikonova¹, scientific researcher, ORCID 0000-0002-1504-7253, AuthorID 877660; +7 952 247-26-18, 79127462539@mail.ru

¹ Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

А. В. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

О. А. Багрецова – ответственный редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

620049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Подписано в печать: 10.09.2020 г. Усл. печ. л. 11,8. Авт. л. 10,9.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

