

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

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS

2020
№12 (203)

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. Мырнин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштетский, 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. Самоделькин, 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. Donnik (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sótónyi (Deputy Chief Editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
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. Pashtetkiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny 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

Contents

Агротехнологии

Agrotechnologies

- | | | |
|---|----|--|
| <p><i>А. В. Безгодов, К. А. Галимов, В. Ф. Ахметханов</i>
Биологическая эффективность и конкурентная способность вики посевной яровой при выращивании в смеси с рапсом на семена и зернофураж</p> | 2 | <p><i>A. V. Bezgodov, K. A. Galimov, V. F. Akhmetkhanov</i>
Biological efficiency and competitive ability of spring vetch when growing from a mixture with rapeseed for seeds and grain fodder</p> |
| <p><i>I. S. Mardanshin, A. Kh. Shakirzyanov</i>
The prospect of using a necrotic protective barrier in the creation of potato varieties resistant to the Colorado potato beetle</p> | 15 | <p><i>I. S. Mardanshin, A. Kh. Shakirzyanov</i>
The prospect of using a necrotic protective barrier in the creation of potato varieties resistant to the Colorado potato beetle</p> |
| <p><i>П. Н. Николаев, О. А. Юсова, И. В. Сафонова, Н. И. Аниськов</i>
Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области</p> | 22 | <p><i>P. N. Nikolaev, O. A. Yusova, I. V. Safonova, N. I. Aniskov</i>
Implementation of the biological yield of spring barley in the southern forest-steppe of the Omsk region</p> |
| <p><i>И. Э. Солдатова, С. М. Джибилов, Э. Д. Солдатов, Л. Р. Гулуева</i>
Технологии и методы восстановления деградированных кормовых угодий Центрального Кавказа</p> | 35 | <p><i>I. E. Soldatova, S. M. Dzhibilov, E. D. Soldatov, L. R. Guluyeva</i>
Technologies and methods of restoration of degraded forage lands of the Central Caucasus</p> |

Биология и биотехнологии

Biology and biotechnologies

- | | | |
|---|----|---|
| <p><i>В. А. Бессонова, О. Е. Черепанова</i>
Введение в культуру <i>in vitro</i> <i>Ginkgo biloba</i> (Linnaeus, 1771)</p> | 43 | <p><i>V. A. Bessonova, O. E. Cherepanova</i>
Introduction to <i>in vitro</i> culture of <i>Ginkgo biloba</i> (Linnaeus, 1771)</p> |
| <p><i>Л. А. Марченко</i>
Земляника садовая: оценка отечественного сортимента и направления селекции</p> | 50 | <p><i>L. A. Marchenko</i>
Strawberry: evolution of the domestic assortment and direction of selection</p> |
| <p><i>Е. В. Шатских, А. И. Нуфер, Л. И. Дроздова</i>
Digestibility of dietary nutrients and morphohistological changes in the pancreas and duodenum of broiler chickens against the background of replacement of feed antibiotics with a complex phytobiotic drug</p> | 61 | <p><i>E. V. Shatskikh, A. I. Nufer, L. I. Drozdova</i>
Digestibility of dietary nutrients and morphohistological changes in the pancreas and duodenum of broiler chickens against the background of replacement of feed antibiotics with a complex phytobiotic drug</p> |

Экономика

Economy

- | | | |
|---|----|--|
| <p><i>Н. В. Воробьева</i>
Состояние и сценарии развития экспорта отходов пищевой промышленности и кормов для животных в России и Ставропольском крае</p> | 68 | <p><i>N. V. Vorobyeva</i>
State and development scenarios for export of food industry waste and feed for animals in Russia and Stavropol territory</p> |
| <p><i>В. А. Воронин, М. Ю. Карпукhin, И. П. Чупина, Я. В. Воронина</i>
Strategy of development and export potential of the grain complex of Russia. Regional aspect</p> | 78 | <p><i>B. A. Voronin, M. Yu. Karpukhin, I. P. Chupina, Ya. V. Voronina</i>
Strategy of development and export potential of the grain complex of Russia. Regional aspect</p> |
| <p><i>Е. М. Кот, Т. В. Зырянова, О. Е. Терехова</i>
Исследование бюджетных рисков: процессный подход</p> | 83 | <p><i>E. M. Kot, T. V. Zyryanova, O. E. Terekhova</i>
Budget risk research: a process approach</p> |
| <p><i>Zh. N. Sadu, G. M. Dyuzelbaeva</i>
Financial support of the state for the development of animal husbandry in Kazakhstan</p> | 94 | <p><i>Zh. N. Sadu, G. M. Dyuzelbaeva</i>
Financial support of the state for the development of animal husbandry in Kazakhstan</p> |

Биологическая эффективность и конкурентная способность вики посевной яровой при выращивании в смеси с рапсом на семена и зернофураж

А. В. Безгоднов¹✉, К. А. Галимов¹, В. Ф. Ахметханов¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: spagro@list.ru

Аннотация. Цель исследований – изучение влияния способа выращивания укосных и зернофуражных сортов яровой вики в смешанных посевах с яровым рапсом на урожайность семян, структуру урожая, посевные качества семян. **Методы исследований.** Постановка полевого опыта и обобщение результатов исследований выполнены в соответствии с методиками опытного дела. Рассмотрены показатели, характеризующие биологическую эффективность, конкурентоспособность и агрессивность культур. **Результаты.** Посев вики яровой с нормой высева 1,3, 0,8, 0,6 и 0,4 млн всхожих семян на гектар в смеси с рапсом приводит к формированию урожая зерна, существенно превышающего урожайность при одновидовом посеве вики. Оценка эффективности использования пашни (LER) показывает, что при применении вико-рапсовых посевов продуктивность 1 га пашни значительно возрастает: в 1,9–2,16 раза по сорту Красноуфимская 49; в 1,89–2,02 раза по сорту Львовская 91; в 1,82–1,98 раза по сорту Луговская 98; в 1,38–1,62 раза по сорту Люба. Эффективность использования пашни достигается за счет взаимодействия обеих культур и увеличения их конкурентоспособности в агроценозе. При норме высева 0,4 млн/га, по сравнению с высевом 1,3 млн/га коэффициент агрессивности вики в зависимости от сорта возрастает в 1,59–2,0 раза. **Научная новизна.** В условиях Среднего Урала выявлена высокая эффективность возделывания вики в смешанных посевах с рапсом, установлено влияние изменения нормы высева на урожайность и посевные качества семян вики посевной яровой.

Ключевые слова: вика посевная яровая, рапс яровой, полиморфные посевы, семеноводство, устойчивость к полеганию, урожайность, аллелопатия, отношение земельных эквивалентов, коэффициент конкурентоспособности, коэффициент агрессивности, качество семян, белок.

Для цитирования: Безгоднов А. В., Галимов К. А., Ахметханов В. Ф. Биологическая эффективность и конкурентная способность вики посевной яровой при выращивании в смеси с рапсом на семена и зернофураж // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 2–14. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-2-14.

Дата поступления статьи: 20.02.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Рост производства продуктов животноводства напрямую связан с обеспечением высокобелковыми кормами. Потребность страны в кормовом зерне таких культур составляет около 6,0 млн т. В настоящее время их производится в 4 раза меньше – только 1,6 млн т [1, с. 98–101]. Целесообразным является использование любого источника белка, способного покрыть его недостаток в рационах сельскохозяйственных животных. Одним из таких источников белка является вика. Однако она не занимает соответствующего ее значению площадей в сельскохозяйственном производстве. Причиной этому служат объективные и субъективные обстоятельства [2].

Вика яровая посевная – однолетняя бобовая культура, выращиваемая для получения зеленой массы, сена, сенажа, зерна и по кормовой ценности почти не уступающая клеверу и люцерне. В семенах вики содержится в среднем от 27 до 35 % белка, тогда как в соломе – 6–10 %, в сене – 18–22 %, зеленой массе – 3,5 %. По сравнению с другими зернобобовыми культурами, зеленая масса вики содержит

меньше клетчатки, долго не грубеет, охотно поедается животными. Белок вики отличается высоким коэффициентом перевариваемости, хорошо сбалансирован незаменимыми аминокислотами, в т. ч. лизином и триптофаном. О высокой кормовой продуктивности культуры свидетельствует высокая обеспеченность 1 кормовой единицы сырым (187–223 г) и переваримым (164–196 г) протеином [3–6].

Для роста и развития смешанных посевов вики посевной с злаковыми компонентами создаются благоприятные условия, так как злаковые компоненты создали для вики посевной наилучшие условия для совместного произрастания. У злаковых компонентов (овес и ячмень) улучшается азотное питание, наблюдается активное нарастание вегетативной массы [7], [8]. Для получения кормов, сбалансированных по белку, каротину и другим питательным веществам, рекомендуется увеличить площади под смешанные посевы зернофуражных и бобовых культур. Это может способствовать повышению урожайности на 25–45 % по сравнению с чистыми посевами зернофуражных культур [9].

Современный селекционный процесс яровой вики направлен на расширение использования зерна вики в кормлении сельскохозяйственных животных. Новые сорта обладают высокой продуктивностью, низким содержанием синильной кислоты в белке зерна и допустимом количестве ингибиторов трипсина [10–15].

Российскими селекционерами созданы зернофуражные сорта вики, пригодные для использования в качестве концентрированного корма. Сорта Луговская 85, Луговская 98 и Люба включены в реестр сортов, разрешенных для возделывания в Российской Федерации. Проводится государственное испытание новых сортов. Утвержден ГОСТ Р 54631-2011 «Вика кормовая».

К зернофуражным сортам можно отнести и сорт вики Уголек. По литературным данным содержание глюкозидов и других антипитательных веществ у этого сорта незначительно [16, с. 73].

Проведенные научные исследования показали, что зерно новых зернофуражных сортов вики посевной практически безвредно при непосредственном использовании его как белкового компонента в комбикормах. Установлено, что по общей питательности и содержанию сырого протеина вика превосходит горох и кормовые бобы, но уступает узколиственному люпину и сое. Наличие антипитательных факторов определяет уровень включения вики в рационы сельскохозяйственных животных и птицы. Зерно вики следует включать в состав рационов животных и птицы в количествах, проверенных на практике. На основании обобщенных данных литературы, а также проведенных во ВНИИ кормов экспериментов можно рекомендовать следующие нормы ввода зерна вики в комбикорма: коровы – 15 %, молодняк крупного рогатого скота – 20 %, поросята 2–4 месяцев – 10 %, откорм свиней – 15 %, свиноматки – 20 %, цыплята-бройлеры – 15 %, взрослая птица – 20 % [2].

Нестабильное по годам производство семян, зависящее от погодных условий и урожайности культуры, необеспеченность потребности сельхозтоваропроизводителей семенным материалом, высокие потери зерна при уборке одновидовых посевов, низкий коэффициент размножения и повышенные затраты при производстве семенного материала в смесях с зерновыми культурами – основные причины сокращения посевных площадей в РФ вики яровой посевной. Все эти факторы указывают на необходимость разработки принципиально новых технологий возделывания этой культуры на семенные и фуражные цели, кардинально отличающихся от технологий возделывания смешанных посевов для производства грубых и сочных кормов.

При выращивании на зерно растения вики посевной склонны к полеганию. При уборке их на семена возникают определенные трудности, то есть этой культуре нужна уплотняющая, поддерживающая культура, в агрофитоценозе с которой во влажные годы будет снижаться поражение вики корневыми гнилями и листовыми болезнями, а в сухие годы – повышаться экологическая пластичность и стрессоустойчивость. Данная задача в производстве на сегодня не решена [17].

Многочисленными исследованиями подтверждено, что в смешанных посевах бобовых культур с ячменем и овсом злаковый компонент доминирует над бобовым и урожайность бобового компонента по сравнению с одновидовыми посевами, значительно снижается. Для решения проблемы увеличения сбора семян вики предлагается увеличивать долю бобового компонента в вико-злаковых смесях. Так, С. Л. Елисеев считает, что для Предуралья наиболее эффективно сочетание высокой нормы высева вики 2,5 млн семян/га и низкой нормы высева ячменя 1,5 млн семян/га [18, с. 6]. При этом только частично решается проблема полегания растений и потерь при обмолаоте. Повышение густоты посева вики до 2,5 млн семян/га увеличивает ее депрессивность, снижает ее выживаемость и продуктивность растения в целом. Депрессию в отношении к бобовому компоненту можно снизить за счет применения различных способов посева. Способы посева и нормы высева компонентов являются эффективными приемами при регулировании конкуренции в агротехнике вики посевной на зерно [19, с. 25–26].

Использование смешанных посевов для сидерации оказывает положительный агроэкологический эффект, при правильном подборе культур в эти агроценозы оказывают средообразующее воздействие на почву, что может быть одним из резервов повышения ее потенциального и эффективного плодородия [20], [21].

Необходимость проведения исследований по смешанным вико-рапсовым посевам определяется биологией культур. Вика яровая посевная – светолюбивое растение длинного дня развития. При недостатке света отмечают усиленный рост стеблей, вытягивание корневой системы, снижение продуктивности цветения и плодоношения, уменьшение содержания в зерне наиболее ценных компонентов – белков, сахаров, крахмала. В молодом возрасте растения лучше переносят затенение, чем в более поздние фазы онтогенеза. Наиболее светочувствительный период – формирование и созревание бобов и семян. У рапса ярового крепкий и ветвистый стебель, к моменту созревания семян в стручках его листовая аппарат полностью отмирает. Это способствует увеличению использования солнечной энергии вторым компонентом.

В условиях Витебской области республики Беларусь способы возделывания зернобобовых культур оказывают существенное влияние как на общую урожайность зернофуража, так и бобового компонента. В смешанных посевах, где использовались горчица белая или рапс яровой, урожайность семян опорного растения была невысокой. При посеве вики посевной с яровым рапсом урожайность семян опорного растения получена на уровне 5,8–6,8 ц/га. Доля бобового компонента находилась на уровне 21,7–23,0 ц/га, сортовой специфичности при этом не было выявлено [22, с. 104–105].

Выращивание вики посевной в смеси с горчицей белой в условиях Орловской области позволяет не только получить более высокий урожай этих культур, но и значительно расширить кормовую базу пчеловодства, улучшить посещаемость посевов пчелами и получить дополнительную продукцию в виде меда [23, с. 58].

Génard T. с соавторами установлен достоверный перенос азота от люпина и клевера к рапсу, у вики перенос азота недостоверный [24]. Исследования, проведенные на Севере Франции в лизиметрических установках, показали, что дополнительного (30–60 кг/га) внесения серы для получения качественных семян озимого рапса в смешанных посевах с клевером не требуется [25]. Исследованиями Couëdel A. с соавторами показано, что многие крестоцветные культуры можно сочетать с разными бобовыми

культурами создавая агроэкосистемы с разными полезными характеристиками [26].

Проведенные в УрФАНИЦ УрО РАН исследования на укосных сортах вики показали, что для повышения урожая семян перспективно выращивать ее в смешанных посевах с рапсом яровым. Такие посева вики с рапсом позволяют снизить норму высева семян вики на 55–70 %, уменьшая полегаемость вики, повышают урожайность зерносмеси от 37,5 до 68,1 % [17, с. 78].

Таблица 1
Урожайность зерна сорта вики яровой Красноуфимская 49 в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Вариант	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га					
		Всего	$S_{\bar{x}}$	Вика	$S_{\bar{x}}$	Рапс	$S_{\bar{x}}$
1,3 млн (контроль)	1	1,48	0,19	1,48	0,25	–	–
1,3 млн + рапс	2	2,85	0,11	2,13	0,26	0,72	0,08
0,8 млн + рапс	3	2,95	0,09	2,07	0,18	0,87	0,05
0,6 млн + рапс	4	2,77	0,23	1,91	0,32	0,86	0,09
0,4 млн + рапс	4	2,45	0,11	1,43	0,26	1,07	0,07
Рапс 1,25 млн	5	–	0,09	–	–	1,14	0,27
HCP ₀₅		0,22		0,21		0,09	

Table 1
Crop capacity of common vetch Krasnoufimskaya 49 in mixed crops, 2017–2018

Variant	Lodging resistance, point	Crop capacity, t/ha					
		Total	$S_{\bar{x}}$	Vetch	$S_{\bar{x}}$	Rapeseed	$S_{\bar{x}}$
1.3 mln (control)	1	1.48	0.19	1.48	0.25	–	–
1.3 mln + rapeseed	2	2.85	0.11	2.13	0.26	0.72	0.08
0.8 mln + rapeseed	3	2.95	0.09	2.07	0.18	0.87	0.05
0.6 mln + rapeseed	4	2.77	0.23	1.91	0.32	0.86	0.09
0.4 mln + rapeseed	4	2.45	0.11	1.43	0.26	1.07	0.07
Rapeseed 1.25 mln	5	–	0.09	–	–	1.14	0.27
LSD ₀₅		0.22		0.21		0.09	

Таблица 2
Урожайность зерна сорта вики яровой Львовская 91 в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Вариант	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га					
		Всего	$S_{\bar{x}}$	Вика	$S_{\bar{x}}$	Рапс	$S_{\bar{x}}$
1,3 млн (контроль)	1	2,09	0,50	2,09	0,44	–	–
1,3 млн + рапс	2	3,44	0,18	2,73	0,26	0,71	0,08
0,8 млн + рапс	3	3,38	0,07	2,64	0,54	0,89	0,14
0,6 млн + рапс	4	3,47	0,11	2,45	0,55	1,02	0,13
0,4 млн + рапс	4	2,91	0,13	1,98	0,48	0,93	0,16
Рапс 1,25 млн	5	–	0,07	–	–	1,21	0,18
HCP ₀₅		0,19		0,19		0,11	

Table 2
Crop capacity of common vetch Lvovskaya 91 in mixed crops, 2017–2018

Variant	Lodging resistance, point	Crop capacity, t/ha					
		Total	$S_{\bar{x}}$	Vetch	$S_{\bar{x}}$	Rapeseed	$S_{\bar{x}}$
1.3 mln (control)	1	2.09	0.50	2.09	0.44	–	–
1.3 mln + rapeseed	2	3.44	0.18	2.73	0.26	0.71	0.08
0.8 mln + rapeseed	3	3.38	0.07	2.64	0.54	0.89	0.14
0.6 mln + rapeseed	4	3.47	0.11	2.45	0.55	1.02	0.13
0.4 mln + rapeseed	4	2.91	0.13	1.98	0.48	0.93	0.16
Rapeseed 1.25 mln	5	–	0.07	–	–	1.21	0.18
LSD ₀₅		0.22		0.21		0.09	

Для успешного возделывания вики яровой в смешанных посевах с рапсом яровым требуется разработка агротехники и подбор сортов, поскольку на территории Российской Федерации возделывается большое количество сортов, обладающих ценными биологическими и хозяйственными качествами, проявляющимися только в конкретных почвенно-климатических зонах и оказывающимися мало пригодными для других зон [27], [28].

Методология и методы исследования (Methods)

Полевые опыты проведены на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве с содержанием: гумуса 3,91 %, N легкогидролизуемый – 96 мг/кг, P₂O₅ – 205 мг/кг, K₂O – 82 мг/кг почвы, рН – 5,5, Н_г – 5,85 ммоль/100 г почвы, S поглощенных оснований – 27,4 ммоль/100 г почвы. Учетная площадь делянки 13,5 м², повторность – трехкратная. Комплексное удобрение азофоска в дозе N₃₀P₃₀K₃₀ вносилось под предпосевную культивацию.

Проведены исследования на двух сортах вики укосного использования (Красноуфимская 49, Льговская 91) и двух зернофуражных сортах (Луговская 98, Люба). За 100 % норму высева принято 1,3 млн всхожих семян на 1 га вики. Яровой рапс (сорт Луч) высевался с нормой 1,25 млн всхожих семян на га. Посев проводился 13–15 мая. Сразу после прикапывания посевов проводилась обработка гербицидом «Алгоритм» в дозе 200 мл/га (действующее вещество – кломазон). Для борьбы с вредителями семена вики и рапса до посева обрабатывались инсектицидным протравителем, а вегетирующие растения однократно обрабатывались инсектицидом в фазу бутонизации – начала цветения рапса.

Результаты (Results)

Погодные условия 2017 и 2018 гг. существенно отличались между собой. В 2017 г. отмечены засушливые условия на фоне повышенных температур по всему вегетационному периоду, в то время как в 2018 г. в вегетационный период был недобор температур при избыточном увлажнении. Тем не менее вне зависимости от погодных условий одновидовые посевы всех изучаемых сортов вики к моменту полегания полностью полегли, что существенно затрудняло их обмолот. По сорту Люба отмечалось несколько менее выраженное полегание растений, но часть растений также полностью лежала на земле.

В полиморфных посевах по всем сортам вики отмечалось снижение степени полегания растений с уменьшением нормы высева и, соответственно, доли бобового компонента в смеси. При этом степень полегания зависела и от уровня сформированного урожая бобовой культурой. Следует отметить, что полегание вики в полиморфных посевах кардинально отличается от полегания в моно-посеве. Присутствие растений рапса в двухкомпонентной смеси с викой при их полегании не позволяет растениям вики ложиться на почву. За счет пластичности стеблей рапса, между почвой и растениями остается воздушная подушка высотой от 20 до 30 см, что не приводит к загниванию бобиков вики и не затрудняет проведения комбайновой уборки урожая.

Среди укосных сортов в условиях Среднего Урала продуктивность сорта Льговская 91 была выше, чем сорта Красноуфимская 49, но оба сорта существенно повышали

урожайность при выращивании в смеси с рапсом. По сорту Красноуфимская 49 снижение нормы высева вики с 1,3 до 0,6 млн всхожих семян на один гектар не оказало существенного влияния на формирование общей урожайности зерна (2,77–2,85 т/га). Несколько снижалась (до 2,45 т/га) урожайность зерно-смеси при посеве вики с нормой 0,4 млн, но урожайность зерна вики была на уровне контроля (таблицы 1, 2).

Урожайность зерна вики у сорта Льговская 91 в полиморфных посевах была выше, чем при одновидовом посеве, на 17,2–30,6 % и находилась на уровне 2,45–2,73 т/га. Только при посеве вики с нормой 0,4 млн урожайность зерна вики снижалась, но оставалась также на уровне контроля.

По обоим сортам прослеживается динамика снижения урожайности вики и повышения урожайности рапса при понижении доли бобового компонента в полиморфных посевах, но при этом существенно возрастает общий валовой сбор зерна с гектара. Однако математическая обработка результатов исследований показывает, что посев сортов вики Красноуфимская 49 и Льговская 91 с нормой высева 1,3, 0,8 и 0,6 млн всхожих семян на гектар в смеси с рапсом приводит к формированию равноценного урожая зерна.

Оценка зернофуражных сортов вики яровой при возделывании в условиях Среднего Урала ранее не проводилась. Проведенные исследования показали существенную разницу урожайности зерна у сортов Люба и Луговская 98 при их возделывании в данном регионе.

Несмотря на увеличение урожайности бинарных посевов, урожайность зерна вики у сорта Люба при полной норме высева находилась на уровне одновидового посева, а при понижении нормы высева существенно снижалась с одновременным ростом урожайности рапса (таблицы 3, 4).

Урожайность и сортовая реакция зернофуражного сорта Луговская 98 находилась на уровне урожайности и сортовой реакции укосных сортов Красноуфимская 49 и Льговская 91. В смешанных посевах этого сорта при высеве 0,8–1,3 млн получена урожайность вики 2,21–2,23 т/га, что на 33,5–35,6 % выше, при высеве 0,4–0,6 млн – 1,83–1,99 т/га, на 9,6–19,2 % выше. Общая урожайность двухкомпонентных смесей составила от 2,83 до 3,10 т/га, что выше по сравнению с монопосевом на 1,16–1,43 т/га, или на 69,5–85,6 %.

Наиболее полное представление об эффективности смесей и причин изменений, протекающих внутри смешанного посева, дают такие показатели, как интенсивность использования земли (синоним – отношение земельных эквивалентов) – Land Equivalent Ratio (LER), коэффициент конкурентоспособности – Competitive ratio (CR) и коэффициент агрессивности – Coefficient Agressivity (CA) [29].

Коэффициент LER используется для оценки биологической эффективности смешанных посевов. Он показывает отношение расчетной площади земли, необходимой для получения в моно-посеве того же количества урожая каждой культуры, которое сформировалось на единице площади смешанного посева. Для этого урожайность

культуры А в смешанном посеве с культурой В (Y_{ab}) делят на урожайность культуры А в чистом посеве (Y_{aa}). Отношение $Y_{ab} : Y_{aa}$ показывает, сколько потребовалось бы земли для получения урожая Y_{ab} , если бы культура А выращивалась в чистом посеве. Такое отношение вычисляют и для культуры В. Критерий LER можно рассчитать по формуле: $LER = LER_a + LER_b$, где $LER_a = Y_{ab} : Y_{aa}$, $LER_b = Y_{ba} : Y_{bb}$.

Значение LER показывает, во сколько раз больше потребовалось бы больше площади для получения такого же урожая исходных компонентов. Чем больше значение LER, тем более эффективно используется пашня [30].

Коэффициент конкурентоспособности CR является соотношением LER двух культур компонентов, но с учетом пропорций, в которых культуры были засеяны. $CR_{ab} = (LER_a : LER_b) * (Z_{ba} : Z_{ab})$, $CR_{ba} = (LER_b : LER_a) * (Z_{ab} : Z_{ba})$, где CR_{ab} – коэффициент конкурентоспособности культуры А в смеси с культурой В; CR_{ba} – коэффициент конкурентоспособности культуры В в смеси с культурой А; Z_{ab} и Z_{ba} – соотношение культур А и В в смеси, выраженное в процентах [29, с. 43].

Таблица 3
Урожайность зерна сорта вики яровой Люба в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Вариант	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га					
		Всего	$S_{\bar{x}}$	Вика	$S_{\bar{x}}$	Рапс	$S_{\bar{x}}$
1,3 млн (контроль)	1	1,16	0,25	1,16	0,16	–	–
1,3 млн + рапс	2	2,15	0,11	1,17	0,11	0,97	0,01
0,8 млн + рапс	3	2,03	0,08	0,97	0,11	1,07	0,09
0,6 млн + рапс	4	2,19	0,26	0,98	0,20	1,21	0,17
0,4 млн + рапс	4	1,91	0,22	0,76	0,04	1,15	0,21
Рапс 1,25 млн	5	1,58	0,30	–	–	1,58	0,30
HCP ₀₅		0,18		0,12		0,11	

Table 3
Crop capacity of common vetch Lyuba in mixed crops, 2017–2018

Variant	Lodging resistance, point	Crop capacity, t/ha					
		Total	$S_{\bar{x}}$	Vetch	$S_{\bar{x}}$	Rapeseed	$S_{\bar{x}}$
1.3 mln (control)	1	1.16	0.25	1.16	0.16	–	–
1.3 mln + rapeseed	2	2.15	0.11	1.17	0.11	0.97	0.01
0.8 mln + rapeseed	3	2.03	0.08	0.97	0.11	1.07	0.09
0.6 mln + rapeseed	4	2.19	0.26	0.98	0.20	1.21	0.17
0.4 mln + rapeseed	4	1.91	0.22	0.76	0.04	1.15	0.21
Rapeseed 1.25 mln	5	1.58	0.30	–	–	1.58	0.30
LSD ₀₅		0.18		0.12		0.11	

Таблица 4
Урожайность зерна сорта вики яровой Луговская 98 в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Вариант	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га					
		Всего	$S_{\bar{x}}$	Вика	$S_{\bar{x}}$	Рапс	$S_{\bar{x}}$
1,3 млн (контроль)	1	1,67	0,39	1,67	0,25	–	–
1,3 млн + рапс	2	2,88	0,13	2,21	0,31	0,67	0,09
0,8 млн + рапс	3	3,10	0,29	2,23	0,27	0,87	0,14
0,6 млн + рапс	4	2,83	0,18	1,99	0,26	0,84	0,17
0,4 млн + рапс	4	2,89	0,20	1,83	0,37	1,07	0,18
Рапс 1,25 млн	5	1,34	0,37	–	–	1,34	0,14
HCP ₀₅		0,18		0,21		0,15	

Table 4
Crop capacity of common vetch Lugovskaya 98 in mixed crops, 2017–2018

Variant	Lodging resistance, point	Crop capacity, t/ha					
		Total	$S_{\bar{x}}$	Vetch	$S_{\bar{x}}$	Rapeseed	$S_{\bar{x}}$
1.3 mln (control)	1	1.67	0.39	1.67	0.25	–	–
1.3 mln + rapeseed	2	2.88	0.13	2.21	0.31	0.67	0.09
0.8 mln + rapeseed	3	3.10	0.29	2.23	0.27	0.87	0.14
0.6 mln + rapeseed	4	2.83	0.18	1.99	0.26	0.84	0.17
0.4 mln + rapeseed	4	2.89	0.20	1.83	0.37	1.07	0.18
Rapeseed 1.25 mln	5	1.34	0.37	–	–	1.34	0.14
LSD ₀₅		0.18		0.21		0.15	

Оценка эффективности использования пашни (LER) показывает, что при применении полиморфных вико-рапсовых посевов продуктивность 1 га пашни значительно возрастает: в 1,9–2,16 раза по сорту Красноуфимская 49; в 1,89–2,02 раза по сорту Львовская 91; в 1,82–1,98 раза по

сорту Луговская 98; в 1,38–1,62 раза по сорту Люба. Такие результаты достигаются за счет отсутствия антагонизма растений вики и рапса в агроценозе, и, возможно, за счет наличия положительной аллелопатии растений (таблица 5).

Таблица 5

Оценка эффективности, конкурентоспособности и агрессивности культур и изменений, протекающих внутри смешанных посевов, 2017–2018 гг.

Вариант	LERab, вика	LERba, рапс	LER	CRab, вика	CRba, рапс	CAab, вика	CAba, рапс
Красноуфимская 49							
1,3 млн + рапс	1,44	0,63	2,07	2,28	0,44	1,75	-1,75
0,8 млн + рапс	1,40	0,76	2,16	2,98	0,89	2,33	-2,33
0,6 млн + рапс	1,29	0,75	2,04	3,71	1,27	2,93	-2,93
0,4 млн + рапс	0,97	0,94	1,90	3,34	3,15	2,79	-2,79
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0,25	0,14	0,35	0,19	0,10	0,19	0,10
Львовская 91							
1,3 млн + рапс	1,31	0,59	1,89	2,23	0,45	1,57	-1,57
0,8 млн + рапс	1,26	0,74	2,00	2,79	0,95	2,03	-2,03
0,6 млн + рапс	1,17	0,84	2,02	3,02	1,56	2,42	-2,42
0,4 млн + рапс	0,95	0,77	1,72	4,00	2,63	2,94	-2,94
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0,40	0,16	0,48	0,16	0,11	0,16	0,11
Люба							
1,3 млн + рапс	1,01	0,61	1,62	1,64	0,61	0,94	-0,94
0,8 млн + рапс	0,84	0,68	1,51	2,01	1,32	1,03	-1,03
0,6 млн + рапс	0,84	0,77	1,61	2,39	1,97	1,51	-1,51
0,4 млн + рапс	0,66	0,73	1,38	2,92	3,61	1,77	-1,77
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0,14	0,09	0,29	0,11	0,06	0,11	0,06
Луговская 98							
1,3 млн + рапс	1,32	0,50	1,82	2,65	0,38	1,75	-1,75
0,8 млн + рапс	1,34	0,65	1,98	3,34	0,79	2,36	-2,36
0,6 млн + рапс	1,19	0,63	1,82	4,12	1,14	2,80	-2,80
0,4 млн + рапс	1,10	0,80	1,89	4,46	2,37	3,51	-3,51
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0,13	0,09	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06

Table 5

Estimation of efficiency, competitive ability and Agressivity culture and changing in in mixed crops, 2017–2018

Variant	LERab, vetch	LERba, rapeseed	LER	CRab, vetch	CRba, rapeseed	CAab, vetch	CAba, rapeseed
Krasnoufimskaya 49							
1.3 mln + rapeseed	1.44	0.63	2.07	2.28	0.44	1.75	-1.75
0.8 mln + rapeseed	1.40	0.76	2.16	2.98	0.89	2.33	-2.33
0.6 mln + rapeseed	1.29	0.75	2.04	3.71	1.27	2.93	-2.93
0.4 mln + rapeseed	0.97	0.94	1.90	3.34	3.15	2.79	-2.79
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0.25	0.14	0.35	0.19	0.10	0.19	0.10
L'govskaya 91							
1.3 mln + rapeseed	1.31	0.59	1.89	2.23	0.45	1.57	-1.57
0.8 mln + rapeseed	1.26	0.74	2.00	2.79	0.95	2.03	-2.03
0.6 mln + rapeseed	1.17	0.84	2.02	3.02	1.56	2.42	-2.42
0.4 mln + rapeseed	0.95	0.77	1.72	4.00	2.63	2.94	-2.94
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0.40	0.16	0.48	0.16	0.11	0.16	0.11
Lyuba							
1.3 mln + rapeseed	1.01	0.61	1.62	1.64	0.61	0.94	-0.94
0.8 mln + rapeseed	0.84	0.68	1.51	2.01	1.32	1.03	-1.03
0.6 mln + rapeseed	0.84	0.77	1.61	2.39	1.97	1.51	-1.51
0.4 mln + rapeseed	0.66	0.73	1.38	2.92	3.61	1.77	-1.77
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0.14	0.09	0.29	0.11	0.06	0.11	0.06
Lugovskaya 98							
1.3 mln + rapeseed	1.32	0.50	1.82	2.65	0.38	1.75	-1.75
0.8 mln + rapeseed	1.34	0.65	1.98	3.34	0.79	2.36	-2.36
0.6 mln + rapeseed	1.19	0.63	1.82	4.12	1.14	2.80	-2.80
0.4 mln + rapeseed	1.10	0.80	1.89	4.46	2.37	3.51	-3.51
$t_{05} \times S_{\bar{x}}$	0.13	0.09	0.10	0.07	0.06	0.07	0.06

При посеве вики с нормой 0,6–1,3 млн всхожих семян на гектар в повышение эффективности использования пашни основной вклад вносит вика яровая (LERab) за счет ее преимущественной конкурентоспособности в агроценозе (CRab). При понижении нормы высева вики до 0,4 млн/га рост урожайности и эффективности использования пашни достигается за счет взаимодействия обеих культур (LERad + LERba) и увеличения конкурентоспособности в агроценозе каждой культуры (CRab и CRba), что, вероятно, указывает на увеличение положительной аллелопатии растений при разреженном посеве вики. Эти закономерности проявляются для всех сортов вики.

Коэффициент агрессивности СА определяют исходя из изменения урожая обеих компонентов в смеси к их ожидаемому урожаю. $CAab = Yab : (Yaa * Zab) - Yba : (Ybb * Zba)$. Чем больше числовое значение СА, тем больше разница в конкурентной способности компонентов смеси. Оба компонента будут иметь одинаковое значение СА, но знак у более агрессивного компонента смеси будет положительным [29, с. 42–43].

При анализе по четырем сортам вики динамику изменения агрессивности культуры в агроценозе с рапсом отмечается рост коэффициента агрессивности при понижении нормы высева вики. В более разреженных посевах вики в агроценозе с растениями рапса формируются благоприятные условия для обеих культур, но доминируют растения именно вики. Так, при норме высева 0,4 млн/га по сравнению с высевом 1,3 млн/га коэффициент агрессивности культуры возрастает у сорта Красноуфимская 49 в 1,59 раза (с 1,75 до 2,79), по сорту Льговская 91 – в 1,87 раза (с 1,57 до 2,94), по сорту Люба – в 1,88 раза (с 0,94 до 1,77) и по сорту Луговская 98 – в 2,0 раза (с 1,75 до 3,51).

Сумма коэффициентов биологической эффективности, конкурентоспособности и агрессивности (LER + CR + CA) по каждой культуре позволяет дать комплексную оценку фактического и ожидаемого поведения культур в агроценозе при изменении соотношения компонентов.

Оценка четырех сортов вики, обладающих различным вегетационным периодом и биологическими особенностями, показывает фактическое доминирование вики при выращивании на зерно в вико-рапсовых посевах (таблица 6).

Таблица 6
Распределение суммы коэффициентов биологической эффективности, конкурентоспособности и агрессивности в зависимости от нормы высева вики, 2017–2018 гг.

Вариант	Вика, LERab + CRab + CAab	Рапс, LERba + CRba + CAba	Вика, LERab + CRab + CAab	Рапс, LERba + CRba + CAba
	Красноуфимская 49		Льговская 91	
1,3 млн + рапс	5,47	-0,68	5,11	-0,53
0,8 млн + рапс	6,71	-0,68	6,08	-0,34
0,6 млн + рапс	7,93	-0,91	6,61	-0,02
0,4 млн + рапс	7,10	1,30	7,89	0,46
Люба		Луговская 98		
1,3 млн + рапс	3,59	0,28	5,72	-0,87
0,8 млн + рапс	3,88	0,97	7,04	-0,92
0,6 млн + рапс	4,74	1,23	8,11	-1,03
0,4 млн + рапс	5,35	1,40	9,07	-0,34

Table 6
Distribution sum of coefficient land equivalent ratio, competitive ratio, coefficient Aggressivity depending to seeding rate of common vetch

Variant	Vetch, LERab + CRab + CAab	Rapeseed, LERba + CRba + CAba	Vetch, LERab + CRab + CAab	Rapeseed, LERba + CRba + CAba
	Krasnoufimskaya 49		L'govskaya 91	
1.3 mln + rapeseed	5.47	-0.68	5.11	-0.53
0.8 mln + rapeseed	6.71	-0.68	6.08	-0.34
0.6 mln + rapeseed	7.93	-0.91	6.61	-0.02
0.4 mln + rapeseed	7.10	1.30	7.89	0.46
Lyuba		Lugovskaya 98		
1.3 mln + rapeseed	3.59	0.28	5.72	-0.87
0.8 mln + rapeseed	3.88	0.97	7.04	-0.92
0.6 mln + rapeseed	4.74	1.23	8.11	-1.03
0.4 mln + rapeseed	5.35	1.40	9.07	-0.34

Независимо от сорта наиболее неблагоприятные условия для развития рапса будут складываться в загущенных посевах, а в разреженных посевах наблюдается положительная аллелопатия развития растений рапса и вики. Таким образом, можно ожидать полегания посевов при высеве вики с нормой 1,3 млн/га и снижения урожайности зерна вики за счет роста урожайности рапса в ее разре-

женных посевах (0,4 млн/га). Исследования показали, что в вико-рапсовых смешанных посевах основным компонентом урожая будет вика.

Проведенный анализ полученного семенного материала вики яровой посевной показал, что независимо от погодных условий можно получать семена, отвечающие требованиям ГОСТ РФ 52325-2005 (таблица 7).

Таблица 7
Качество семян вики яровой в полиморфных посевах, 2017–2018 гг.

Культура, сорт, норма высева	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Масса 1000 семян, г	Белок, %
Красноуфимская 49				
1,3 млн (ст.)	79	97	50,97	–
1,3 млн + рапс	73	95	52,65	–
0,8 млн + рапс	86	98	52,83	–
0,6 млн + рапс	80	97	54,09	–
0,4 млн + рапс	80	98	54,92	–
Льговская 91				
1,3 млн (ст.)	77	96	67,81	–
1,3 млн + рапс	78	97	67,05	–
0,8 млн + рапс	78	96	71,41	–
0,6 млн + рапс	80	96	69,79	–
0,4 млн + рапс	71	99	72,13	–
Люба				
1,3 млн (ст.)	49	96	55,72	31,4
1,3 млн + рапс	82	99	53,72	31,1
0,8 млн + рапс	76	98	58,69	31,2
0,6 млн + рапс	78	100	56,78	31,5
0,4 млн + рапс	66	99	57,85	31,5
Луговская 98				
1,3 млн (ст.)	78	98	64,57	29,7
1,3 млн + рапс	78	97	63,36	29,5
0,8 млн + рапс	78	98	63,34	29,9
0,6 млн + рапс	80	98	64,17	28,8
0,4 млн + рапс	80	100	64,75	28,3

Table 7
Quality of a common vetch seeds in mixed crops, 2017–2018

Cropper, variety, seed rate	Germinating energy, %	Germination, %	Weight of thousand seeds, g	Protein, %
Krasnoufimskaya 49				
1.3 mln (st.)	79	97	50.97	–
1.3 mln + rapeseed	73	95	52.65	–
0.8 mln + rapeseed	86	98	52.83	–
0.6 mln + rapeseed	80	97	54.09	–
0.4 mln + rapeseed	80	98	54.92	–
L'govskaya 91				
1.3 mln (st.)	77	96	67.81	–
1.3 mln + rapeseed	78	97	67.05	–
0.8 mln + rapeseed	78	96	71.41	–
0.6 mln + rapeseed	80	96	69.79	–
0.4 mln + rapeseed	71	99	72.13	–
Lyuba				
1.3 mln (st.)	49	96	55.72	31.4
1.3 mln + rapeseed	82	99	53.72	31.1
0.8 mln + rapeseed	76	98	58.69	31.2
0.6 mln + rapeseed	78	100	56.78	31.5
0.4 mln + rapeseed	66	99	57.85	31.5
Lugovskaya 98				
1.3 mln (st.)	78	98	64.57	29.7
1.3 mln + rapeseed	78	97	63.36	29.5
0.8 mln + rapeseed	78	98	63.34	29.9
0.6 mln + rapeseed	80	98	64.17	28.8
0.4 mln + rapeseed	80	100	64.75	28.3

Таблица 8
Коэффициент размножения по сортам вики, 2017–2018 г.

Вариант	Норма высева, кг/га	Коэффициент размножения (по зерну)	Норма высева, кг/га	Коэффициент размножения (по зерну)
	Красноуфимская 49 (M1000 = 53,21 г)		Льговская 91 (M1000 = 61,34 г)	
1,3 млн (ст.)	69,2	21	79,7	26
1,3 млн + рапс	69,2	31	79,7	34
0,8 млн + рапс	42,6	49	49,1	54
0,6 млн + рапс	31,9	60	36,8	67
0,4 млн + рапс	21,3	67	24,5	81
Люба (M1000 = 56,94 г)		Луговская 98 (M1000 = 62,28 г)		
1,3 млн, ст.	74,0	16	81,0	21
1,3 млн + рапс	74,0	16	81,0	27
0,8 млн + рапс	45,5	21	49,8	45
0,6 млн + рапс	34,2	29	37,4	53
0,4 млн + рапс	22,8	33	24,9	73

Table 8
Multiplication factor according to common vetch varieties, 2017–2018

Variant	Seed rate, kg/ha	Multiplication factor (grain)	Seed rate, kg/ha	Multiplication factor (grain)
	Krasnoufimskaya 49 (WTS = 53.21 g)		L'govskaya 91 (WTS = 61.34 g)	
1.3 mln (st.)	69.2	21	79.7	26
1.3 mln + rapeseed	69.2	31	79.7	34
0.8 mln + rapeseed	42.6	49	49.1	54
0.6 mln + rapeseed	31.9	60	36.8	67
0.4 mln + rapeseed	21.3	67	24.5	81
Lyuba (WTS = 56.94 g)		Lugovskaya 98 (WTS = 62.28 g)		
1.3 mln (st.)	74.0	16	81.0	21
1.3 mln + rapeseed	74.0	16	81.0	27
0.8 mln + rapeseed	45.5	21	49.8	45
0.6 mln + rapeseed	34.2	29	37.4	53
0.4 mln + rapeseed	22.8	33	24.9	73

По сравнению с одновидовым посевом вики в двухкомпонентных смесях отмечается тенденция повышения энергии прорастания, всхожести и массы семян без изменения содержания белка в зерне вики (сорт Люба) или некотором его понижении при применении минимальных нормах высева (сорт Луговская 98).

Полученные результаты показывают, что по сравнению с одновидовым посевом в полиморфных посевах существенно возрастает коэффициент размножения семян, который при высеве вики 0,4 млн семян на 1 га достигает от 33 (сорт Люба) до 67 (Красноуфимская 49), 73 (Луговская 98) и 81 (Льговская 91). Этот показатель выше контрольного варианта в 2,1, 3,2, 3,5 и 3,1 раза соответственно (таблица 8).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Возделывание вико-рапсовых агроценозов может стать доступным и дешевым способом производства фуражного зерна и семян вики. Предлагаемая технология в условиях Свердловской области позволяет стабильно получать семена и фуражное зерно вики с содержанием белка в зерне на уровне 27,5–29,4 % в прохладные влажные годы (2018 г.) и 29,9–31,6 % при благоприятных для культуры погодных условиях (2017 г). При этом продуктивность

1 га пашни возрастает в 1,5–2,0 раза, значительно ускоряется процесс семеноводства.

Возделывание зернофуражных сортов вики с высоким, превышающим горох, содержанием белка в зерне может стать существенной опорой в производстве кормового белка в Свердловской области и других регионах.

Внедрение данной технологии проводится с 2017 г. в ООО «БМК» Богдановичского района, где с площади 59 га при посеве 1 мая вико-рапсовой смеси (сорт вики Льговская 91) получена урожайность 2,7 т/га, в том числе вики 2,1 т/га. Произведено 119 т кондиционных семян вики. Посевы 2018 г. сформировали урожайность 2,5 т/га (2,0 т/га вики). В 2019 г. получена урожайность 1,50 т/га (1,1 т/га вики). Снижение урожайности в 2019 г. было обусловлено нарушением технологии – посев проведен во второй половине мая по весновспашке.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в УрФАНИЦ УрО РАН в рамках Государственного задания ФАНО России по направлению 151 и программы ФНИ государственных академий наук по теме «Теория и принципы разработки и формирования технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных культур в целях конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов и агроэкосистем».

Библиографический список

1. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Роль кормовых зернобобовых культур в укреплении кормовой базы животноводства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 1. С. 98–101.
2. Гаганов А. П., Зверкова З. Н. Кормовая ценность вики и ее использование в рационах животных и птицы // Главный зоотехник. – 2018. – № 3. – С. 33–40.
3. Кудрявцев А. Н. Экологическое сортоиспытание вики посевной в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 3 (11). С. 45–47.
4. Запарнюк В. И. Кормовая продуктивность зерна вики посевной // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 57–63.
5. Теличко О. Н. Оценка сортов вики яровой на семенную и кормовую продуктивность в условиях Приморского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 22–27.
6. Теличко О. Н. Биохимический состав зеленой массы вики посевной // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы II Международной научно-практической интернет-конференции ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». Солоное Займище, 2017. С. 546–549.
7. Тошкина Е. А., Амбарцумова К. А., Тошкина А. А. Экономическое обоснование смешанных агрофитоценозов вики посевной с разными компонентами в условиях Новгородской области // Наука, бизнес, власть – триада регионального развития: сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции. Великий Новгород, 2018. С. 151–154.
8. Амбарцумова К. А., Тошкина Е. А. Однолетние бобовые культуры в смешанных посевах в условиях Новгородского региона // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 25–27. DOI: 10.21515/1999-1703-72-25-27.
9. Дробышев А. П., Олешко В. П., Усенко В. И., Шукис Е. Р., Пугач Д. А. Основные направления интенсификации технологий производства кормовых культур в условиях Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 5–14.
10. Фицев А. И., Воронкова В. Ф., Коровина Л. М. Качество протеина и содержание антипитательных веществ в зерне различных сортов вики яровой // Доклады РАСХН. 2003. № 1. С. 18–20.
11. Тюрин Ю. С., Косолапов В. М. Зернофуражные сорта вики посевной – дополнительный источник кормового белка // Адаптивное кормопроизводство. 2013. № 12. С. 23–24.
12. Золотарев В. Н. Перспективы использования в кормлении зернофуражной вики посевной (*Vicia sativa* L.) и особенности возделывания на семена в гетерогенных // Современные научно-практические решения в области кормопроизводства: сборник трудов Всероссийской конференции ФГБНУ «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии им. В. Н. Ореховича» (ИБМХ). Москва, 2018. С. 33–35.
13. Тюрин Ю. С., Золотарев В. Н., Косолапов В. М. Основные направления селекции и новые сорта вики посевной // Кормопроизводство. 2013. № 2. С. 26–27.
14. Косолапов В. М., Гаганов А. П., Зверкова З. Н., Винжега Л. Н. Эффективность использования вики в рационах цыплят-бройлеров // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 2 (10). С. 100–104.
15. Тюрин Ю. С., Косолапов В. М., Гаганов А. П. Перспективы селекции вики посевной на зерно // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2 (18). С. 103–105.
16. Симонова Е. А., Меднов А. В., Гончаров А. В., Матвеев К. А. Урожайность яровой вики в смешанном посеве // Знания молодых: Наука, практика и инновации: сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. Киров, 2018. С. 71–73.
17. Безгодов А. В., Ахметханов В. Ф., Аплаева А. Д. Способ выращивания вики посевной на зерно в бинарных посевах с яровым рапсом и горчицей белой // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 2 (22). С. 73–79.
18. Елисеев С. Л. Энергетическая и экономическая эффективность приемов выращивания вики посевной на семена // Пермский аграрный вестник. 2015. № 3 (11). С. 3–8.
19. Серегин М. В. Использование приемов посева в регулировании конкуренции при возделывании вики посевной на зерно // Центральный научный вестник. 2018. Т. 3. № 19 (60). С. 25–26.
20. Гребенников А. М. Повышение эффективности использования почвенных ресурсов сельскохозяйственных земель при восстановлении агрофизических свойств почв сидерацией смешанными агрообобществами // ACADEMY. Олимп, 2020. Т. 1. № 52. С. 21–26. DOI: 10.24411/2412-8236-2020-10102.
21. Несмеянова М. А., Коротких Е. В., Дедов А. В. Органическое вещество почвы и его качество в севоборотах с биологической направленностью // Агропромышленные технологии Центральной России. 2017. Т. 1. № 3. С. 52–61.
22. Лукашевич Н. П., Коваль И. М., Шлома Т. М., Ковалева И. В., Петрович А. С. Повышение технологичности посевов зернобобовых культур // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2018. Т. 54. № 2. С. 102–106.
23. Донская М. В., Велкова Н. И., Наумкин В. П. Оценка морфобиологических признаков и урожайности совместных посевов вики посевной с горчицей белой // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3 (27). С. 58–63. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11033.

24. Génard T., et al. Nitrogen transfer from *Lupinus albus* L., *Trifolium incarnatum* L. and *Vicia sativa* L. contribute differently to rapeseed (*Brassica napus* L.) nitrogen nutrition // *Heliyon*. Elsevier Ltd. 2016. Vol. 2. No. 9. Pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.heliyon.2016.e00150.
25. Génard T., et al. Impact of sulfur applications on the agronomic performance of rapeseed–clover mixtures // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2017. Vol. 180. No. 6. Pp. 676–682. DOI: 10.1002/jpln.201700153.
26. Couëdel A., Alletto L., Justes É. Crucifer-legume cover crop mixtures provide effective sulphate catch crop and sulphur green manure services // *Plant and Soil*. 2018. Vol. 426. No. 1–2. Pp. 61–76. DOI: 10.1007/s11104-018-3615-8.
27. Толстой К. П. Агротехника вики в Иркутской области. Иркутск: Иркутское книжное издательство, 1958. 28 с.
28. Козак М. П. О семеноводстве яровой вики. Свердловск, 1957. 12 с.
29. Ламан Н. А., Самсонов В. П., Прохоров В. Н. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов. Минск: Навука і тэхніка, 1996. 101 с.
30. Li L., Zhang L., Zhang F. Crop Mixtures and the Mechanisms of Overyielding. *Encycl. Biodivers.* 2nd ed. 2013. T. 2. Pp. 382–395. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.10.007.

Об авторах:

Андрей Викторович Безгодов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых и яровых зерновых культур, ORCID 0000-0001-6969-6817, AuthorID 885801; +7 922 116-36-35, spagro@list.ru

Константин Артурович Галимов¹, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых и яровых зерновых культур, ORCID 0000-0002-1527-4659, AuthorID 627059

Вадим Фаритович Ахметханов¹, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых и яровых зерновых культур, ORCID 0000-0003-4609-8069, AuthorID 886531

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Biological efficiency and competitive ability of spring vetch when growing from a mixture with rapeseed for seeds and grain fodder

A. V. Bezgodov¹✉, K. A. Galimov¹, V. F. Akhmetkhanov¹

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

✉E-mail: spagro@list.ru

Abstract. The purpose of the research is to study the influence of the method of growing mowed and grain-fed varieties of spring vetch in mixed crops with spring rape on the seed yield, yield structure, and seed sowing qualities. **Method of research.** Formulation of field experience and generalization of research results were performed in accordance with the methods of experimental work. Indicators that characterize the biological efficiency, competitiveness and aggressiveness of crops are considered. **Results.** Sowing of spring vetch with a seeding rate of 1.3, 0.8, 0.6 and 0.4 million germinating seeds per hectare in a mixture with rapeseed leads to the formation of a grain crop that significantly exceeds the yield for single-species sowing of vetches. Evaluation of the efficiency of arable land use (LER) shows that when using Vetch-rapeseed crops, the productivity of 1 ha of arable land increases significantly: by 1.9–2.16 times for the Krasnoufimskaya 49 variety; 1.89–2.02 times for the L'govskaya 91 variety; 1.82–1.98 times for the Lugovskaya 98 variety; 1.38–1.62 times for the Lyuba variety. The efficiency of arable land use is achieved due to the total interaction of both crops and their increased competitiveness in the agro-cenosis. When the seeding rate is 0.4 million per ha, compared with the seeding rate of 1.3 million per ha, the vetch aggressiveness coefficient, depending on the variety, increases by 1.59–2.0 times. **Scientific novelty.** In the conditions of the Middle Urals, high efficiency of vetch cultivation in mixed crops with rapeseed was revealed, and the influence of changes in the seeding rate on the yield and sowing qualities of vetch seeds was established.

Keywords: common vetch, rape, intercropping, seed growing, lodging resistance, yield, allelopathy, land equivalent ratio, competitive ratio, coefficient aggressivity.

For citation: Bezgodov A. V., Galimov K. A., Akhmetkhanov V. F. Biologicheskaya effektivnost' i konkurentnaya sposobnost' viki posevnoy yarovoy pri vyrashchivanii v smesi s rapom na semena i zernofurazh [Biological efficiency and competitive ability of spring vetch when growing from a mixture with rapeseed for seeds and grain fodder] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 12 (203). Pp. 2–14. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-2-14. (In Russian.)

Paper submitted: 20.02.2020.

References

1. Kosolapov V. M., Trofimov I. A. Rol' kormovykh zernobobovykh kul'tur v ukreplenii kormovoy bazy zhivotnovodstva [The Role of forage leguminous crops in strengthening the fodder base of animal husbandry] // Legumes and grain crops. 2012. No. 1. Pp. 98–101. (In Russian.)
2. Gaganov A. P., Zverkova Z. N. Kormovaya tsennost' viki i ee ispol'zovanie v ratsionakh zhivotnykh i ptitsy [The feeding value of vetch and its use in the rations of animals and birds] // Glavnyy zootekhnik. 2018. No. 3. Pp. 33–40. (In Russian.)
3. Kudryavtsev A. N. Ekologicheskoye sortoispytaniye viki posevnoy v usloviyakh Orlovskoy oblasti [Ecological varietal testing of sowing vetches in the conditions of the Oryol region] // Legumes and grain crops. 2014. No. 3 (11). Pp. 45–47. (In Russian.)
4. Zaparnyuk V. I. Kormovaya produktivnost' zerna viki posevnoy [Forage productivity of vetch seed] // Legumes and grain crops. 2016. No. 1 (17). Pp. 57–63. (In Russian.)
5. Telichko O. N. Otsenka sortov viki yarovoy na semennuyu i kormovuyu produktivnost' v usloviyakh Primorskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No. 2 (136). Pp. 22–27. (In Russian.)
6. Telichko O. N. Biokhimiicheskiy sostav zelenoy massy viki posevnoy [Biochemical content of green mature of common vetch] // Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty ratsional'nogo prirodoop'zovaniya: materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii FGBNU "Prikaspiyskiy NII aridnogo zemledeliya". 2017. Pp. 546–549. (In Russian.)
7. Toshkina E. A., Ambartsumova K. A., Toshkina A. A. Ekonomicheskoye obosnovaniye smeshannykh agrofytotsenozov viki posevnoy s raznymi komponentami v usloviyakh Novgorodskoy oblasti [Economic substantiation of mixed agrophytocenoses of vetch with different components in the Novgorod region] // Nauka, biznes, vlast' – triada regional'nogo razvitiya: sbornik statey po materialam III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Velikiy Novgorod, 2018. Pp. 151–154. (In Russian.)
8. Ambartsumova K. A., Toshkina E. A. Odnoletnie bobovye kul'tury v smeshannykh posevakh v usloviyakh Novgorodskogo regiona [Annual legumes in mixed crops in the conditions of the Novgorod Region] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2018. No. 72. Pp. 25–27. DOI: 10.21515/1999-1703-72-25-27. (In Russian.)
9. Drobyshev A. P., Oleshko V. P., Usenko V. I., Shukis E. R., Pugach D. A. Osnovnyye napravleniya intensivatsii tekhnologii proizvodstva kormovykh kul'tur v usloviyakh Altayskogo kraya [The main directions of intensification of forage crop production technologies under the conditions of the Altai region] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 8 (178). Pp. 5–14. (In Russian.)
10. Fitsev A. I., Voronkova V. F., Korovina L. M. Kachestvo proteina i sodержaniye antipitatel'nykh veshchestv v zerne razlichnykh sortov viki yarovoy [The quality of protein and the content of anti-nutritional substances in the grain of various varieties of spring vetch] // Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2003. No. 1. Pp. 18–20. (In Russian.)
11. Tyurin Yu. S., Kosolapov V. M. Zernofurazhnyye sorta viki posevnoy – dopolnitel'nyy istochnik kormovogo belka [Grain fodder varieties of vetch seeding – an additional source of feed protein] // Adaptive feed production. 2013. No. 12. Pp. 23–24. (In Russian.)
12. Zolotarev V. N. Perspektivy ispol'zovaniya v kormlenii zernofurazhnoy viki posevnoy (*Vicia sativa* L.) i osobennosti vozdeyvaniya na semena v geterogennykh [Prospects for the use of grain-fodder vetch (*Vicia sativa* L.) in feeding and the peculiarities of cultivation for seeds in heterogeneous] // Sovremennyye nauchno-prakticheskie resheniya v oblasti kormoproizvodstva: sbornik trudov Vserossiyskoy konferentsii FGBNU "Nauchno-issledovatel'skiy institut biomeditsinskoy khimii im. V. N. Orekhovicha" (IBMKh). Moskva, 2018. Pp. 33–35.
13. Tyurin Yu. S., Zolotaryov V. N., Kosolapov V. M. Osnovnyye napravleniya selektsii i novyye sorta viki posevnoy (Main directions of selection and new varieties of vetch seed) // Fodder Production. 2013. No. 2. Pp. 26–27. (In Russian.)
14. Kosolapov V. M., Gaganov A. P., Zverkova Z. N., Vingage L. N. Effektivnost' ispol'zovaniya viki v ratsionakh tsyplyat-broylerov [The effectiveness of using a vetch in the diets of broiler chickens] // Legumes and grain crops. 2014. No. 2 (10). Pp. 100–104. (In Russian.)
15. Tyurin Yu. S., Kosolapov V. M., Gaganov A. P. Perspektivy selektsii viki posevnoy na zerno [Prospects of selection of seed vetches for grain] // Legumes and grain crops. 2016. No. 2 (18). Pp. 103–105. (In Russian.)
16. Simonova E. A., Mednov A. V., Goncharov A. V., Matveenko A. K. Urozhaynost' yarovoyviki v smeshannomposeve [Yield of spring vetch in mixed sowing] // The collection contains young people's knowledge: Science, practice and innovation: collection of scientific papers of the XVII International scientific and practical conference of postgraduates and young scientists. 2018. Pp. 71–73. (In Russian.)
17. Bezgodov A. V., Akhmetkhanov V. F., Aplaeva A. D. Sposob vyrashchivaniya viki posevnoy na zerno v binarnykh posevakh s yarovym rapsom i gorchitseyy beloy [Method of growing vetch for grain in binary crops with spring rape and white mustard] // Legumes and grain crops. 2017. No. 2 (22). Pp. 73–79. (In Russian.)
18. Eliseyev S. L. Energeticheskaya i ekonomicheskaya effektivnost' priyemov vyrashchivaniya viki posevnoy na semena [Energy and economic efficiency of methods of growing vetch sown for seeds] // Perm agrarian journal. 2015. No. 3 (11). Pp. 3–8. (In Russian.)
19. Seregin M. V. Ispol'zovanie priemov poseva v regulirovaniy konkurentsii pri vozdeyvaniy viki posevnoy na zerno [Use of crop receptions in the regulation of competition in the growing of *vicia sativa* on grain] // Tsentral'nyy nauchnyy vestnik. 2018. T. 3. No. 19 (60). Pp. 25–26. (In Russian.)

20. Grebennikov A. M. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya pochvennykh resursov sel'skokhozyaystvennykh zemel' pri vosstanovlenii agrofizicheskikh svoystv pochv sideratsiyey smeshannymi agrosoobshchestvami [Improved efficient utilization of soil resource of agricultural lands in the repair of the agrophysical properties of soils by green manuring mixed agrocommunities] // ACADEMY. Olimp, 2020. Vol. 1. No. 52. Pp. 21–26. DOI: 10.24411/2412-8236-2020-10102. (In Russian.)
21. Nesmeyanova M. A., Korotkikh E. V., Dedov A. V. Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego kachestvo v sevorotakh s biologicheskoy napravlennoy [Soil organic matter and its quality in crop rotation with biological direction] // Agro-Industrial Technologies of Central Russia. 2017. Vol. 1. No. 3. Pp. 52–61. (In Russian.)
22. Lukashevich N. P., Koval' I. M., Shloma T. M., Kovaleva I. V., Petrovich A. S. Povyshenie tekhnologichnosti posevov zernobobovykh kul'tur [Increasing of technological efficiency of grain crops] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny. 2018. T. 54. No. 2. Pp. 102–106. (In Russian.)
23. Donskaya M. V., Velkova N. I., Naumkin V.P. Otsenka morfobiologicheskikh priznakov i urozhaynosti sovmestnykh posevov viki posevnoy s gorchitsey beloy [Evaluation of morphobiologic characteristics and yield of joint common vetch sowing with white mustard] // Legumes and groat crops. 2018. No. 3 (27). Pp. 58–63. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11033. (In Russian.)
24. Génard T., et al. Nitrogen transfer from *Lupinus albus* L., *Trifolium incarnatum* L. and *Vicia sativa* L. contribute differently to rapeseed (*Brassica napus* L.) nitrogen nutrition // *Heliyon*. Elsevier Ltd. 2016. Vol. 2. No. 9. Pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.heliyon.2016.e00150.
25. Génard T., et al. Impact of sulfur applications on the agronomic performance of rapeseed–clover mixtures // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2017. Vol. 180. No. 6. Pp. 676–682. DOI: 10.1002/jpln.201700153.
26. Couëdel A., Alletto L., Justes É. Crucifer-legume cover crop mixtures provide effective sulphate catch crop and sulphur green manure services // *Plant and Soil*. 2018. Vol. 426. No. 1–2. Pp. 61–76. DOI: 10.1007/s11104-018-3615-8.
27. Tolstoy K. P. Agrotekhnika viki v Irkutskoy oblasti [Agrotechnika vetch in the Irkutsk region]. Irkutsk: Irkutskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1958. 28 p. (In Russian.)
28. Kozak M. P. O semenovodstve yarovoy viki [About seed production of spring viki]. Sverdlovsk, 1957. 12 p. (In Russian.)
29. Laman N. A., Samsonov V. P., Prokhorov V. N. Metodicheskoye rukovodstvo po issledovaniyu smeshannykh agrofytotsenozov [Methodological guide to the study of mixed agrophytocenoses]. Minsk: Navuka i tehnika, 1996. 101 p. (In Russian.)
30. Li L., Zhang L., Zhang F. Crop Mixtures and the Mechanisms of Overyielding. *Enycl. Biodivers.* 2nd ed. 2013. T. 2. Pp. 382–395. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.10.007.

Authors' information:

Andrey V. Bezgodov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the department of selection and seed production of winter and spring crops, ORCID 0000-0001-6969-6817, AuthorID 885801; +7 922 116-36-35, spagro@list.ru

Konstantin A. Galimov¹, senior researcher of the department of selection and seed production of winter and spring crops, ORCID 0000-0002-1527-4659, AuthorID 627059

Vadim F. Akhmetkhanov¹, junior researcher of the department of selection and seed production of winter and spring crops, ORCID 0000-0003-4609-8069, AuthorID 886531

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

The prospect of using a necrotic protective barrier in the creation of potato varieties resistant to the Colorado potato beetle

I. S. Mardanshin¹, A. Kh. Shakirzyanov¹✉

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

✉ E-mail: shakirzyanov@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research was to investigate the effectiveness of the necrotic protective barrier in creating resistance to the Colorado beetle in potatoes. **Methods.** The research was carried out in a field experiment according to the accepted methodology for 3 years. The research involved 30 different potato varieties grown in conditions of the Cis-Ural forest-steppe of the Bashkortostan Republic. The analysis was focused on the correlation between the leaf blade hypersensitive response intensity on the Colorado potato beetle egg clutch on the one hand, and the level of plant resistance to the pest and loss of tuber yield from damage by parasite on the other side. **Results.** There was observed a strong association between the resistance of potato tops and the plant yield (the correlation coefficient is 0.763–0.804) when potatoes are grown without the control of the phytophage number. When growing potato varieties with insecticide application, the productivity of plants practically did not depend on their resistance level to phytophage. There has been found a strong positive correlation between the hypersensitive reaction of the leaf blades to Colorado beetle egg disposition and the resistance of different potato varieties to the pest (correlation coefficient 0.568–0.671). On the contrary, the relationship between the hypersensitive response of the leaf blades to the egg clutch and the decrease in yields was negative (correlation coefficient –0.646...–0.763). Based on the analysis of the obtained data, it is concluded that the stability of potatoes and the reduced loss of tuber yields from pest damage are closely related to the potato leaf response against the Colorado beetle clutch. The use of a necrotic protective barrier is a promising direction in breeding potato varieties resistant to the Colorado potato beetle. **The scientific novelty** lies in the study of the possible application of a new type of resistance and creating on this basis potato tolerance donors against the Colorado beetle.

Keywords: potato breeding, Colorado potato beetle, hypersensitive response.

For citation: Mardanshin I. S., Shakirzyanov A. Kh. The prospect of using a necrotic protective barrier in the creation of potato varieties resistant to the Colorado potato beetle // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 15–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-15-21.

Paper submitted: 03.06.2020.

Introduction

The Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) has been a very dangerous pest for potato almost 45 years and is an acute problem for the country's potato industry [1, p. 67]. Insecticides control the number of pest larvae on the crop. However, the parasite quickly adapts to widely used pest control chemicals [2, p. 54]. Without protective measures unstable potato cultivars can lose 25–50 %, in some cases, 80–100 % of tuber resulted from a high number of insects [3, p. 65]. Currently the Colorado beetle has a high level of resistance to most insecticides. Thus, the only economically feasible way to stabilize potato agrocenoses is to develop highly tolerant varieties that can provide a tuber yield of good quality with a minimum level of chemical protection [4, p. 50], [5, p.14].

To successfully create potato cultivars resistant to the Colorado beetle, it is necessary to modify the elements of its interaction with the plant that are critical for the insect's life [6, p. 165]. Breeding potato tolerant to the Colorado beetle is

complicated by the fact that this insect is a changeable, genetically and adaptively polymorphic, plastic species. In this regard, when creating resistant varieties, protective genes should act equally on all genotypic forms of the pest in the general population and not cause violations of the population structure [7, p. 85]. The traditional approach to breeding potato cultivars tolerant to the Colorado beetle involves the use of wild potato species *S. demissum*, *S. chacoense*, *S. commersonii*, etc. in crosses. At the same time, the stability of potato hybrids in these combinations is mainly due to the presence of glycoalcoloids in the leaves [8, p. 27]. Zarevo, Peresvet, Bryanskiy nadezhnyy, Nikulinskiy and a number of other cultivars developed on this basis are characterized by the relative resistance against pests at 6–8 points. However, this type of resistance is overcome by the pest, so it is necessary to use insecticides to control the number of insects even on these varieties [9, p. 39].

In this regard, to create potato varieties tolerant to the Colorado beetle, there is a need to find new types of resistance

and develop new approaches to creating potato tolerance donors against this type of insects. One of the possible directions of breeding work in this direction is to develop stable genotypes based on the use of a necrotic protective barrier in the form of hypersensitive response of plant leaves to the insect egg clutch. Possible control of the phytophage number based on a necrotic protective barrier has been reported for the first time relatively recently. It was based on the phenomenon observed when individual plants of black mustard (*Brassica nigra*) in climatic conditions of California valley (significant lack of air humidity) caused the death of eggs laid on the leaves by the cabbage white butterfly (*Pieris rapae*) and green-veined white butterfly (*P. napi*). The researchers claimed that the death of the insect clutch occurred as the result of the leaf blade necrosis at the place of the egg attachment followed with leaf drying [10, p. 631]. Insect eggs can't control their temperature and completely depend on the host plant microenvironment. Thus, necrosis at the clutch place can isolate eggs from the thermoregulation process of the host plant leaf and lead to death [11, p. 3451].

In another example, *there was* the hypersensitive response of the leaf blade and the necrosis at the place of the Colorado potato beetle egg clutch (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in potato species hybrid *Solanum* spp. It caused egg detachment, falling on the soil surface and subsequent death [12, p. 655]. Moreover, the selection evaluation of potato hybrids, showed that relatively stable varieties reacted with the necroses on the leaves under the egg clutch, while unstable varieties did not have this reaction [13, p. 10]. However, a detailed study of the effect of this protective barrier on potato tolerance to the Colorado beetle has not been conducted.

It is undoubtedly relevant for further scientific and breeding programs to assess the effectiveness of the necrotic protective barrier on pest resistance and the prospects for its using to develop tolerance of potato varieties against the Colorado beetle [14, p. 69]. Thereby, the authors of the very paper conducted a comparative study of the way the leaf blade hypersensitive response intensity on pest egg clutch decreases the yield of different potato varieties resulted from damage by the Colorado beetle.

Methods

The research was conducted in the Cis-Ural climate zone (northern forest-steppe) on the lands of the Birsks scientific division of the Bashkir Research Institute of Agriculture. The experiment was performed in 2016, 2017 and 2019. Meteorological conditions in the research area for all years of studies were within the climate norm. Annually the period from the moment the Colorado beetle females lay eggs on potato leaves to the development of larvae of the IV age was from the beginning of the 2nd decade of June to the end of the 3rd decade of July. This period in 2016, the average daily temperatures were 19.6–23.9 °C and the amount of precipitation was 60 mm. At the same time, there was insufficient water due to a lack of rainfall in the first three decades of this period. In 2017, during the embryonic development of phytophage larvae, the average daily temperatures were within 16.8–21.5 °C, the amount of precipitation was 166 mm, which fell evenly. In 2019, the mean daily temperatures in the studied period were 16.1–20.6 °C; there were 95 mm of precipitation that fell relatively evenly.

The experiments were based on 30 different potato cultivars. Samples were planted on two row plots of 10 plants in three-fold repetition. The planting scheme was 70 × 30 cm. Pest dispersal and egg laying by female Colorado beetles on experimental potato plants took place naturally. At the time of mass larvae hatching from eggs, one row of each plot was fenced off with a protective screen and treated with 0.005 % solution of Regent insecticide at the rate of 200 ml, which is a hectare rate of 10 g/ha. The other row of this plot was not treated with insecticide. The biological effectiveness of the insecticide against larvae of age 1–2 was at the level of 95–98 %. The degree of damage to the potato tops on the unprotected half of the plot was assessed visually 15 days after hatching, when the pest larvae reached age IV and fed intensively before going into the soil for pupation. The damage degree on each Bush plot was evaluated visually on a 9-point scale:

- 9 points – high stability, weak damage up to 10 %;
- 7 points – relatively high stability, damage from 10 to 24 %;
- 5 points – average stability, damage from 25 to 49 %;



Fig. 1. Development of leaf blade necrosis on 100 % of the area occupied by the Colorado beetle egg clutch (view from the upper (a) and lower (b) sides of the leaf blade), Bashkirskiy variety

3 points – weak stability, damage from 50 to 79 %;

1 point – lack of stability, severe damage from 80 to 100 %.

Each row of the plot was harvested separately. The yield was recorded in the 1st decade of September. The extent of losses from pest damage was estimated by comparing the yield of potato tubers from the protected row and the yield from the row without the use of insecticide.

The development of a leaf blade hypersensitive response to a Colorado potato beetle clutch was evaluated on 3–5 day after the clutch placement on the following scale:

0 points – no hypersensitive response;

1 point – protrusion of the leaf blade at the place of the clutch attachment;

2 points – necrosis on 25 % of the area occupied by the clutch;

3 points – necrosis on 50 % of the area under the clutch;

4 points – necrosis on 100 % of the area under the clutch (fig. 1);

5 points – perforation of the leaf blade at the place of the clutch attachment.

The development of the leaf blade hypersensitive response was analyzed under ten clutches found in a row on the plot. Then the average value of the necrosis development extent was deduced in points.

Mathematical processing of the obtained data was performed by calculating the arithmetic mean of 10 observations and the standard error of the average. Correlation analysis of the obtained data was done according to the accepted methodology [15. p. 269].

Results

The results of three years of field experiments indicate that the Colorado beetle is a particular danger as a pest of potato culture. Annual losses from the insect, depending on the variety, reached up to 93 % of the yield (tables 1, 2, 3, 4). At the same time, varietal characteristics were a decisive factor in the level of yield reduction when the crop was damaged by the Colorado beetle. Thus, the data on the reduced yield of potato tubers without pest control by insecticide, in comparison with the conditions of using protection means, prove that the most resistant cultivars had 8–18 times lower yield reduction than the least resistant varieties.

Table 1

The effect of the hypersensitive response of potato leaves to the Colorado beetle egg clutch on potato tolerance to the pest damage, 2016

Item No.	Cultivars	Hypersensitive response development, points	Potato top stability, points	Potato yield capacity, g/bush		Yield reduction, %	Rating in tolerance to yield reduction
				Treated with insecticide	Untreated with insecticide		
1	Gibrid 53	3.7 ± 0.31	5.5 ± 0.88	477	424	11.2	1
2	Freska	3.5 ± 0.28	5.1 ± 0.58	410	362	11.6	2
3	Bashkirskiy	3.2 ± 0.34	5.5 ± 0.66	225	197	12.5	3
4	Burnovskiy	3.3 ± 0.21	5.8 ± 0.29	398	339	14.8	4
5	Safo	1.0 ± 0.25	6.8 ± 0.74	205	173	15.6	5
6	Belosnezhka	1.5 ± 0.39	6.5 ± 0.87	387	313	19.0	6
7	Kondor	2.5 ± 0.21	5.5 ± 0.55	351	280	20.0	7
8	Udacha	2.7 ± 0.22	4.5 ± 0.54	595	469	21.1	8
9	Soldatik	2.2 ± 0.13	4.6 ± 0.88	375	290	22.6	9
10	Resurs	0	5.8 ± 0.89	446	329	27.7	10
11	Svetanok kievskiy	2.3 ± 0.28	4.8 ± 0.87	158	114	28.0	11
12	Institutskiy	1.5 ± 0.29	4.6 ± 0.38	387	271	30.1	12
13	Skarb	1.0 ± 0.27	4.5 ± 0.87	560	362	35.4	13
14	Zhigulevskiy	1.2 ± 0.11	4.0 ± 0.88	291	184	36.6	14
15	Liga	1.0 ± 0.09	3.1 ± 0.95	371	222	40.1	15
16	Alegro	1.3 ± 0.14	3.5 ± 0.54	332	181	45.5	16
17	Disko	0	3.0 ± 0.65	295	148	49.8	17
18	Amaliya	0	2.1 ± 0.87	382	181	52.6	18
19	Sentyabr'	0	2.4 ± 0.71	420	168	60.1	19
20	Nevskiy	1.0 ± 0.15	2.3 ± 0.18	197	66	66.6	20
21	Vesna	0	2.5 ± 0.87	384	116	69.9	21
22	Lugovskoy	0	2.4 ± 0.29	379	111	70.7	22
23	Raya	0	1.5 ± 0.87	375	79	78.9	23
24	Roksana	0	1.9 ± 0.17	310	63	79.8	24
25	Nayada	0	1.5 ± 0.12	405	81	80.1	25
26	Andro	0	2.0 ± 0.54	340	58	82.8	26
27	Rannyaya roza	0	2.3 ± 0.28	417	56	89.0	27
28	Bronitskiy	0	2.1 ± 0.29	314	35	90.1	28
29	Antoshka	0	1.2 ± 0.37	459	45	92.2	29

Table 2
The effect of the hypersensitive response of potato leaves to the Colorado beetle egg clutch on potato tolerance to the pest damage, 2017

Item No.	Cultivars	Hypersensitive response development, points	Potato top stability, points	Potato yield capacity, g/bush		Yield reduction, %	Rating in tolerance to yield reduction
				Treated with insecticide	Untreated with insecticide		
1	Bashkirskiy	3.2 ± 0.44	6.5 ± 0.55	475	439	7.5	1
2	Burnovskiy	3.9 ± 0.25	7.0 ± 0.45	647	589	8.9	2
3	Freska	2.5 ± 0.65	7.1 ± 0.66	327	297	9.1	3
4	Kondor	3.0 ± 0.33	6.5 ± 0.26	205	183	10.5	4
5	Resurs	0	7.0 ± 0.25	277	243	12.2	5
6	Udacha	2.3 ± 0.58	5.4 ± 0.22	547	476	12.9	6
7	Safo	1.2 ± 0.33	4.4 ± 0.14	229	198	13.6	7
8	Gibrid 53	3.0 ± 0.11	7.5 ± 0.88	666	570	14.4	8
9	Liga	1.5 ± 0.24	6.1 ± 0.58	191	161	15.9	9
10	Svitanok kievskiy	3.0 ± 0.28	5.4 ± 0.55	329	276	16.1	10
11	Alegro	1.3 ± 0.24	5.5 ± 0.78	297	187	36.9	11
12	Institutskiy	0.5 ± 0.25	4.8 ± 0.87	440	262	40.4	12
13	Belosnezhka	2.8 ± 0.12	4.7 ± 0.19	335	184	45.2	13
14	Zhigulevskiy	0.3 ± 0.25	4.0 ± 0.22	417	228	45.3	14
15	Soldatik	3.3 ± 0.32	3.6 ± 0.29	653	334	48.8	15
16	Skarb	1.0 ± 0.22	3.5 ± 0.25	291	147	49.5	16
17	Disko	0	3.1 ± 0.23	294	146	50.4	17
18	Raya	0	2.5 ± 0.21	422	187	55.6	18
19	Nayada	1.5 ± 0.11	1.5 ± 0.23	369	123	66.8	19
20	Roksana	1	2.5 ± 0.55	267	81	69.6	20
21	Vesna	0	2.4 ± 0.23	273	81	70.2	21
22	Lugovskoy	0	2.5 ± 0.21	350	97	72.3	22
23	Antoshka	0	2.2 ± 0.66	264	65	75.5	23
24	Sentyabr'	0	2.8 ± 0.35	511	120	76.6	24
25	Nevskiy	2	2.0 ± 0.47	474	103	78.2	25
26	Rannyaya roza	0	2.5 ± 0.46	154	32	78.9	26
27	Sadovyy	0	2.0 ± 0.41	355	68	80.8	27
28	Andro	1	2.4 ± 0.44	239	35	85.5	28
29	Amaliya	0	2.1 ± 0.53	416	42	89.9	29
30	Bronitskiy	0	1.1 ± 0.25	427	34	92.1	30

Table 3
The effect of the hypersensitive response of potato leaves to the Colorado beetle egg clutch on potato tolerance to the pest damage, 2019

Item No.	Cultivars	Hypersensitive response development, points	Potato top stability, points	Potato yield capacity, g/bush		Yield reduction, %	Rating in tolerance to yield reduction
				Treated with insecticide	Untreated with insecticide		
1	Freska	4.0 ± 0.41	7.1 ± 0.89	791.0	758.0	4.2	1
2	Kondor	3.3 ± 0.32	6.5 ± 0.81	511.1	488.9	4.3	2
3	Bashkirskiy	3.0 ± 0.21	7.5 ± 0.88	716.7	660.0	7.9	3
4	Safo	3.5 ± 0.23	6.9 ± 0.54	533.0	478.0	10.3	4
5	Resurs	0	8.0 ± 0.44	673.0	595.0	11.6	5
6	Udacha	0.8 ± 0.41	5.5 ± 0.48	715.0	623.0	12.9	6
7	Liga	1.0 ± 0.54	7.1 ± 0.44	733.3	612.2	16.5	7
8	Belosnezhka	3.3 ± 0.32	6.5 ± 0.64	944.4	743.3	21.3	8
9	Gibrid 53	3.5 ± 0.25	6.5 ± 0.75	728.0	570.0	21.7	9
10	Zhigulevskiy	0.3 ± 0.23	4.2 ± 0.87	997.5	770.0	22.8	10
11	Burnovskiy	2.0 ± 0.21	5.8 ± 0.48	924.3	703.0	23.9	11
12	Svetanok kievskiy	0.3 ± 0.87	4.8 ± 0.46	817.0	615.6	24.7	12
13	Disko	1.0 ± 0.48	4.0 ± 0.34	744.0	534.0	28.2	13
14	Alegro	1.3 ± 0.74	4.5 ± 0.47	843.8	590.9	30.0	14
15	Institutskiy	0.5 ± 0.56	4.1 ± 0.87	833.0	557.0	33.1	15
16	Soldatik	1.3 ± 0.25	4.6 ± 0.88	796.7	528.9	33.6	16
17	Skarb	1.0 ± 0.22	6.5 ± 0.81	738.9	482.0	34.8	17
18	Vesna	0	3.5 ± 0.17	844.0	476.0	43.6	18
19	Lugovskoy	0	3.4 ± 0.16	767.0	430.0	43.9	19
20	Amaliya	0	2.1 ± 0.25	499.1	255.0	48.9	20
21	Sentyabr'	0	2.4 ± 0.32	836.7	411.1	50.9	21
22	Rannyaya roza	0	2.3 ± 0.15	519.0	247.8	52.3	22
23	Raya	0	3.5 ± 0.10	613.3	280.0	54.3	23
24	Roksana	1.0 ± 0.15	2.5 ± 0.44	509.1	225.0	55.8	24
25	Nayada	1.5 ± 0.12	1.5 ± 0.32	594.0	223.0	62.5	25
26	Andro	2.0 ± 0.11	3.9 ± 0.24	794.0	206.0	63.9	26
27	Bronitskiy	0	1.0 ± 0.12	503.3	159.1	68.4	27
28	Antoshka	1.8 ± 0.17	2.0 ± 0.32	585.0	148.0	74.7	28
29	Nevskiy	1.2 ± 0.15	2.4 ± 0.51	688.0	172.0	75.0	29
30	Sadovyy	0	1.5 ± 0.33	718.0	172.7	75.9	30

Table 4
Inheriting hypersensitive response of leaf blades to the Colorado beetle egg clutch by the offspring of the Bashkirskiy potato cultivar

Item No.	Crossing combination	The number of studied hybrids, pcs	Distinguishing between hybrids in manifesting the hypersensitive response in points after 5 days from egg laying by the pest					
			0	1 point	2 points	3 points	4 points	5 points
1	Bashkirskiy × Dubrava	80	51	14	9	5	1	0
2	Phenotype distribution, %	100	63.75	17.5	11.25	6.25	1.25	0
3	Bashkirskiy × Aurora	57	38	10	5	3	1	0
4	Phenotype distribution, %	100	66.7	17.5	8.8	5.3	1.8	0.0
5	Self-pollination of the Bashkirskiy cultivar	107	77	17	4	4	3	2
6	Phenotype distribution, %	100	72.0	15.9	3.7	3.7	2.8	1.9

The hypersensitive response of the potato leaf blade to the Colorado beetle clutch has been found to be a genetically determined trait. The varieties with these genes manifest this characteristics every year. The cultivars without these genes did not display this trait during the entire observation period. At the same time, the trait manifestation rate has been found to vary depending on the specific conditions of the growing season, which fall on the period of egg laying by insects. This is quite natural, since each variety is known to have a certain rate of reaction to different growing conditions, and this property is the basis for varietal zoning. Three-year field data on the hypersensitive response of potato leaves to the Colorado beetle clutches provide evidence and confirm the previously made conclusion that a warmer temperature background inhibits the process of necrosis formation [13. p. 10]. Thus, the highest point for the hypersensitive reaction of potato leaves to the clutches of the Colorado beetle was 3.7 (Gibrid 53) in the warmest 2016. In a more moderate 2017, it was 3.9 (Burnovskiy cultivar). In the coolest year of 2019, the maximum point was 4.0 (Fresca cultivar). The temperature influence on the hypersensitive reaction development of potato leaves on the Colorado beetle clutches, apparently, lies in the biochemical features of this reaction.

To assess the effectiveness of the necrotic protective barrier on pest resistance and the prospects of using this protective barrier in creating resistance of potato varieties to the Colorado beetle, a correlation analysis of the studied factors was conducted.

Thus, the analysis of the relationship between the potato top stability rate in points and the yields of different potato cultivars made based on the data obtained showed that these two indicators are closely related only when the studied crop is grown without the use of insecticides to control the pest population. In addition, the correlation coefficient between the stability in points and the level of plant productivity against the background of free development of the pest was 0.763 in 2016, 0.779 in 2017 and 0.804 in 2019, meaning that the relationship between these indicators is strong. When growing potato varieties under the control of the Colorado beetle population by insecticide, the potato yields practically did not depend on the level of resistance to phytophage (the correlation coefficient for years ranged within 0.066–0.348). The level of yield in this case depended on other features of potato varieties. There is the rationale for this: in conditions of free phytophage nutrition, the level of potato stability acts as a limiting factor for yields, so the relationship between them is strong.

Analysis of correlation dependence between the degree of hypersensitive response to the Colorado potato beetle clutch and potato top resistance to the pest, as well as a yield reduction of different potato cultivars shows that this relationship is strong enough. Thus, the correlation coefficients of the dependence between the degree of development of the hypersensitive reaction to the Colorado beetle clutch and the level of stability of the potato tops, which shows the share of the preserved leaf surface after the larvae left the plants, were 0.671 in 2016, 0.631 in 2017 and 0.568 in 2019. These values correspond to the average degree of dependence between these two characteristics. This is entirely due to the fact that potato cultivars have also other immunogenetic barriers of stability. A similar conclusion can be drawn between the hypersensitive response development to the Colorado beetle clutches and the decrease in yields of different potato varieties. The negative correlation coefficient between these factors was – 0,763 in 2016, – 0,646 in 2017, – 0,571 in 2019.

A clear proof that the hypersensitive response of potato leaves to Colorado beetle clutches and the level of resistance of potato varieties to the pest are closely related is that in most cases the top rating cultivars tolerant to yield losses have this protective barrier, while the varieties that close this rating do not have it. It is possible that the hypersensitive reaction is also a trigger for other immunogenetic barriers of resistance to the Colorado beetle [16, p. 794].

It is known that most of the potato cultivars selected for the study were developed on the basis of productivity and other economically valuable traits. The manifestation rate of the hypersensitive response of potato leaves to the Colorado beetle egg clutches was not taken into account in the selection. At least, there are no scientific reports about this. Therefore, in our experience, the level of stability of most potato varieties was at an average and weak level. Only some cultivars showed relatively high stability in some years, which is clearly visible in the field experiment (fig. 2).

The data obtained provide evidence that targeted selection of genotypes with a well-expressed hypersensitive response of potato leaves to the Colorado beetle egg clutches and a high level of productivity make it possible to create qualitatively new potato cultivars. The use of a phenotypic trait for evaluating hybrid material to effectively reject Colorado beetle clutches by means of a pronounced hypersensitive response of potato leaves to them will significantly increase the effectiveness of the selection process for resistance to this pest. The combination of the necrotic resistance barrier with other



Fig. 2. The state of potato after the IV-aged larvae go into the soil for pupation.

On the left, there are rows of unstable varieties treated and not treated with insecticide. On the right, rows of stable varieties

immunogenetic factors of tolerance by pyramiding protective genes will further create potato genotypes that can be grown with a significant reduction in the pesticide load on the crop.

Discussion and Conclusion

The conducted research has revealed that the necrotic immunological barrier of potato resistance to the Colorado beetle is available in different manifestation rates in most of the varieties studied in the experiment. However, the level of the hypersensitive reaction of potato leaves to the egg clutches of the Colorado beetle in most varieties that have this trait is not high enough to radically reduce the damage of the insect. This seems to be the reason why there is no purposeful selection based on this trait.

Based on the data obtained and their correlation analysis, it was found that the potato resistance to the Colorado beetle and the decrease in the loss of tuber yields resulted from damage by the pest are closely related to the manifestation rate of the hypersensitive reaction of leaves to the Colorado beetle egg clutches. The use of a necrotic protective barrier and the creation of genotypes with intensive formation of necrosis in the clutch attachment zone up to the rejection of eggs from the leaf blade is a promising direction in the creation of potato varieties resistant to the Colorado beetle.

References

1. Popova E. N., Popov I. O. Prognoz izmeneniy klimaticheskogo areala koloradskogo zhuka na territorii Rossii i sosednikh stran pri razlichnykh stsenariyakh antropogennogo vozdeystviya na klimat [Forecast of changes in the climate range of the Colorado beetle on the territory of Russia and neighboring countries under various scenarios of anthropogenic impact on the climate] // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2016. No. 1. Pp. 67–73. (In Russian.)
2. Sukhoruchenko G. I., Vasil'eva T. I., Ivanova G. P., Volgarev S. A. Polozhenie s rezistentnost'yu koloradskogo zhuka *Leptinotarsa decemlineata* Say k insektitsidam v Severo-zapadnom regione RF [Status of resistance of the Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say to insecticides in the North-Western region of the Russian Federation] // Plant Protection News. 2018. No. 3. Pp. 49–55. (In Russian.)
3. Chulikova N. S. Ekonomicheskaya effektivnost' ispolzovaniya insektitsidov protiv koloradskogo zhuka na raznykh sortakh kartofelya [Economic efficiency of using insecticides against the Colorado potato beetle on different potato varieties] // Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University. 2016. No. 4. Pp. 65–69. (In Russian.)
4. Erenkova L. A., Molyavko A. A., Marukhlenko A. V., Borisova N. P. Sorta kartofelya novogo pokoleniya, ustoychivye k fitopatogenam [New generation potato varieties resistant to phytopathogens] // Seleksiya, semenovodstvo i genetika. 2018. No. 4. Pp. 47–50. (In Russian.)
5. Gadzhiev N. M., Lebedeva V. A. Seleksionnyy metod zashchity kartofelya ot patogenov, vreditel'ey, sornyakov i neblagopriyatnykh usloviy [Selection method for protecting potatoes from pathogens, pests, weeds and adverse conditions] // Vestnik Bryanskoy GSKhA. 2018. No. 5. Pp. 11–14. (In Russian.)
6. Fasulati S. R., Ivanova O. V. Gruppovaya ustoychivost' novykh sortov kartofelya k gryzushchim vreditelyam [Group resistance of new potato varieties to gnawing pests] // Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava "Nauchnoe obespechenie razvitiya sel'skogo khozyaystva i snizhenie tekhnologicheskikh riskov v prodovol'stvennoy sfere". Saint Petersburg, Pushkin. 2017. Pp. 165–169. (In Russian.)
7. Konarev A. V. Molekulyarnye aspekty immuniteta rasteniy i ikh koevolutsii s nasekomymi [Molecular aspects of plant immunity and their coevolution with insects] // Biosfera. 2017. Vol. 9. No. 1. Pp. 79–99. (In Russian.)

8. Voronkova M. V. Nakoplenie glikoalkaloidov botvoy kartofelya v norme i pri povrezhdenii koloradskim zhukom [Accumulation of glycoalkaloids in potato tops is normal and when damaged by the Colorado beetle] // *Tochnaya nauka*. 2017. No. 11. Pp. 26–27. (In Russian.)
9. Moliavko A. A., Marukhlenko A. V., Erenkova L. A., Borisova N. P., Belous N. M., Torikov V. E. Ustoychivost' kartofelya k koloradskomu zhuku [Potato resistance to the Colorado beetle] // *Vestnik Bryanskoy GSKhA*. 2019. No. 5. Pp. 34–41. (In Russian.)
10. Shapiro A. M., DeVay J. E. Hypersensitivity reaction of *Brassica nigra* L. (Cruciferae) kills eggs of *Pieris* butterflies (Lepidoptera: Pieridae) // *Oecologia*. 1987. Vol. 71. No. 4. Pp. 631–632.
11. Potter K., Davidowitz G., Woods H. A. Insect eggs protected from high temperatures by limited homeothermy of plant leaves // *Journal of Experimental Biology*. 2009. Vol. 212. No. 21. Pp. 3448–3454.
12. Balbyshev N. F., Lorenzen J. H. Hypersensitivity and egg drop: a novel mechanism of host plant resistance to Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) // *Journal of economic entomology*. 1997. Vol. 90. No. 2. Pp. 652–657.
13. Shpakov L. T. Podbor i otsenka gibridov-bekrossov mezhhvidovogo proiskhozhdeniya dlia selektsii kartofelya na ustoychivost k koloradskomu zhuku: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [Selection and evaluation of cross-species hybrids of interspecific origin for potato selection for resistance to the Colorado beetle]: abstract of dissertation ... candidate of agricultural sciences. Moscow: VNIKKh, 1993. 24 p. (In Russian.)
14. Sandhu S., Kang M. S. *Advances in Breeding for Resistance to Insects* // *Breeding Insect Resistant Crops for Sustainable Agriculture*. Singapore: Springer, 2017. Pp. 67–99.
15. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience]. Moscow: Al'yans, 2011. 352 p. (In Russian.)
16. Little D., Gouhier-Darimont C., Bruessow F., Reymond P. Oviposition by pierid butterflies triggers defense responses in *Arabidopsis* // *Plant Physiology*. 2007. Vol. 143. No. 2. Pp. 784–800.

Authors' information:

Ildar S. Mardanshin¹, candidate of biological sciences, head of the potato breeding and seed production laboratory, ORCID 0000-0001-6174-5151, AuthorID 159051; +7 905 181-54-69, ildar.mardanshin1966@yandex.ru
Anvar Kh. Shakirzyanov¹, doctor of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-8258-0648, AuthorID 158704; +7 917 430-31-59, shakirzyanof@yandex.ru

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

Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области

П. Н. Николаев¹, О. А. Юсова^{1✉}, И. В. Сафонова², Н. И. Аниськов²

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

² Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

✉ E-mail: ksanajusva@rambler.ru

Аннотация. Цель исследований – определение адаптивности Омских сортов пленчатого и голозерного ячменя по признаку «урожайность зерна». В данной статье представлены результаты многолетнего изучения набора сортов ячменя в условиях южной лесостепной зоны Омского региона. Дана оценка параметров экологической адаптивности по урожайности. **Методы.** Исследования проводились с 2015 по 2019 гг. в условиях южной лесостепи г. Омска. Приведен подробный анализ параметров адаптивности: Вычислены коэффициент индекса условий среды (I_j), пластичности и стабильности; коэффициент мультипликативности (KM); эквалента пластичности (W_i); гомеостатичность (Hom) и индекс стабильности (ИС); селекционная ценность (Sc); генотипический эффект, показатель эффекта реакции сортов на условия среды (ЭР). Окончательная адаптивность сортов оценена по сумме рангов, полученных каждым сортом по исследуемым параметрам. **Результаты.** Результаты проведенных исследований показали, что наиболее адаптивны в условиях южной лесостепной зоны Омского региона двурядные пленчатые линии Нутанс 4883, Нутанс 4812 и сорт Омский 101 (сумма рангов – 34, 36, 38 соответственно); многорядные пленчатые – Омский 99 и Рикотензе 4885 (сумма рангов – 54 и 56); двурядный голозерный сорт Омский голозерный 1 (сумма рангов – 82); многорядные голозерные сорта Омский голозерный 2, Омский голозерный 4 (сумма рангов – 86 и 84). **Научная новизна** заключается в исследовании 8 сортов и 5 новых перспективных линий пленчатой и голозерной групп ячменя селекции Омского аграрного научного центра. Выделены наиболее адаптивные сорта и линии для условий южной лесостепи Западной Сибири, которые рекомендованы для внедрения в производство и для дальнейшей селекционной работы.

Ключевые слова: ячмень, урожайность, пластичность, стабильность, интенсивность, гомеостатичность, коэффициент мультипликативности, селекционная ценность, ранг.

Для цитирования: Николаев П. Н., Юсова О. А., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 22–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34.

Дата поступления статьи: 05.10.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В Российской Федерации ячмень распространен и возделывается во всех почвенно-климатических зонах. Широкое применение он получил как универсальная культура, имеющая большое комовое, продовольственное, техническое и агротехническое значение, а также благодаря устойчивости и способности формировать урожай в экстремальных климатических условиях возделывания в сравнении с большинством зерновых культур [1, с. 42–49], [2, с. 37–43].

В 2019 г. общая площадь посева ячменя отмечена на уровне 8786,9 тыс. га. Из них 92,9 % занимал яровой ячмень. Согласно данным рис. 1, площади посева ячменя неизменно сокращались (от 10 094,7 тыс. га в 2001 г., до 8325,1 тыс. га в 2018 г.) и лишь в 2019 г. наблюдался их некоторый рост (на 461,8 тыс. га по отношению к 2018 г.) [3].

В 2019 г. по отношению к 2018 г. произошло увеличение площадей выращивания ячменя практически во всех федеральных округах страны, за исключением Северо-Западного ФО и Южного ФО (1 % от общероссийских) [3]

(рис. 2). Максимальные площади ячменя наблюдались в Приволжском (36 %) и Центральном ФО (23 %). В Сибирском ФО площади составили 14 %.

Изучение сортов различных культур, в том числе и ячменя, в разных условиях очень часто показывает, что изменение условий возделывания в разной мере оказывает влияние на поведение генотипов, т. е. наблюдается взаимодействие «генотип × среда». Анализ взаимодействия генотипа и среды используется для выяснения целесообразности размещения того или иного сорта в определенной климатической зоне, обоснованности направления селекции, оценки биологического потенциала сортов, их уровня экологической приспособленности, что имеет большое значение для использования их в производстве, селекционном процессе, при передаче на государственное сортоиспытание.

Успешные сорта должны быть адаптированы к широкому диапазону условий окружающей среды для стабильной реализации своего генетического потенциала [4, с. 657–662] и эффективности сельскохозяйственного производства [5, с. 335–342].

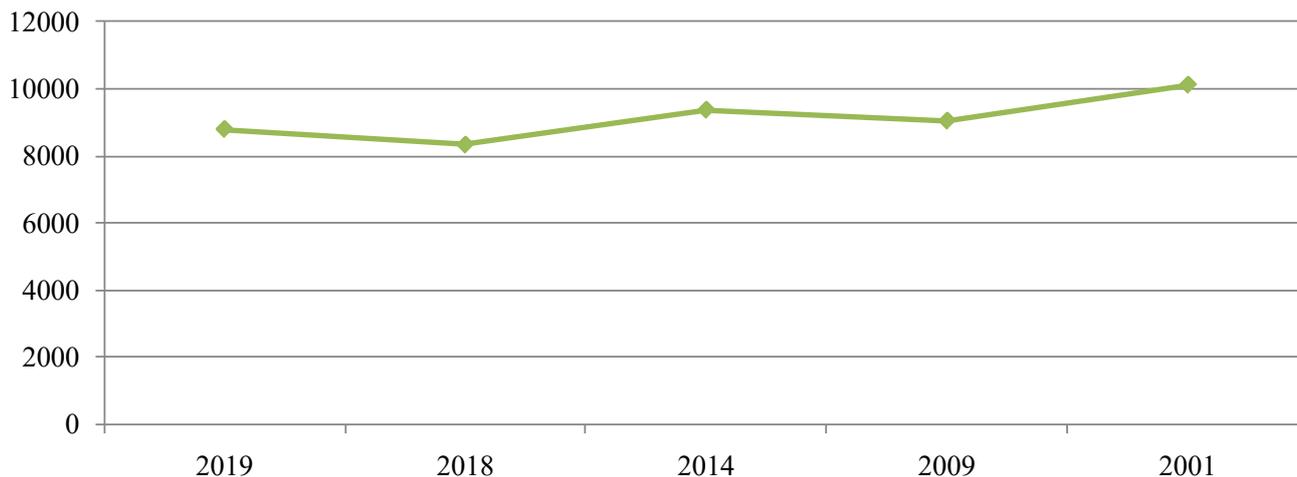


Рис. 1. Площадь посева ячменя в среднем по России, тыс. га
Fig. 1. Barley sown area, thousand ha

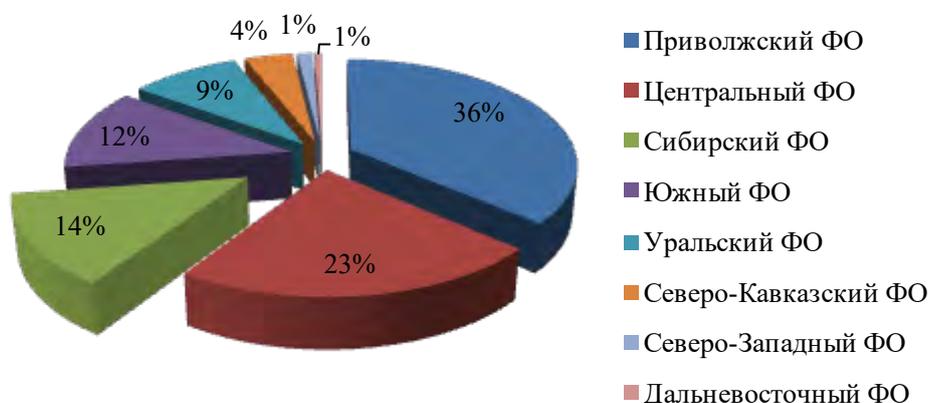


Рис. 2. Площадь посева ячменя в среднем по Федеральным округам

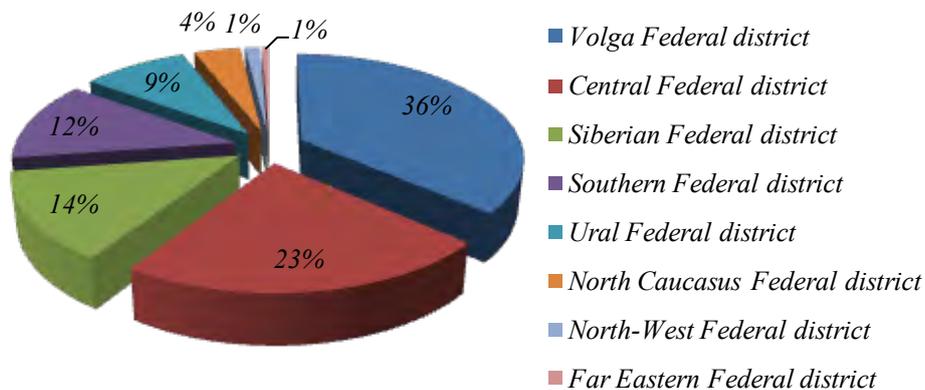


Fig. 2. Average area of barley sown in Federal districts

Любой селекционер заинтересован в том, чтобы селекцию на адаптивность вести с самого начала селекционного процесса, для чего нужно уметь оценить реакцию сорта на окружающие условия в математическом выражении. Селекционеры справедливо полагают, что современная практическая селекция должна иметь в своем распоряжении целенаправленные методы создания экологически стабильных сортов [6, с. 110–118], сочетающих высокую урожайность с приспособленностью к неблагоприятным факторам среды [7, с. 623–628], [8, с. 537–544].

Выяснение механизмов адаптивных реакций организма на внешние воздействия – одна из наиболее сложных и актуальных проблем современности [9, с. 820–829].

На основании этого целью нашего изучения было определение адаптивности омских сортов пленчатого и голозерного ячменя по признаку «урожайность зерна».

Методология и методы исследования (Methods)

Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2015–2019 гг. на опытных полях Омского АНЦ (Южная лесостепь, г. Омск). Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона, все наблюдения, оценки и учеты в питомнике проводились согласно методике ВИР по изучению коллекции ячменя и овса [10, с. 11]. Площадь делянки – 10 м², повторность четырехкратная. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га.

Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа [11, с. 352]. Расчет показателей адаптивности проводили, используя следующие параметры: коэффициент индекса условий среды (I_j), коэффициент пластичности и стабильности S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. А. Зыкина [12, с. 31–34]. Коэффициент мультипликативности (KM) рассчитывали по В. А. Драгавцеву [13, с. 134–141]. Дальнейшее статистическое выражение пластичности – экваленту (W_i) – предложил С. Wricke [14, с. 4–12]. В. В. Хангильдин предложил для расчета гомеостатичности использовать показатель (Hom) [15, с. 42–45]. Также рассчитаны селекционная ценность (Sc) [16, с. 3–7], индекс стабильности (ИС) [17, с. 100–108], генотипический эффект [18, с. 3–9], показатель эффекта реакции сортов на условия среды (ЭР) [19, с. 627–635].

По данным гидрометеорологического центра (ОГМС), в черте г. Омска в период исследований с 2015 по 2019 г. сложились контрастные условия. Период вегетации 2015 г. характеризовался как сухой и холодный. Достаточным увлажнением отличился период вегетации 2016 г.: сумма осадков превышала среднемноголетние данные в июне и июле (+192 мм; +167 мм к норме) на фоне избытка тепла

(+0,1...+2,3 °С к среднемноголетним данным). В 2017 г. наблюдался недобор осадков в мае, июле, августе (–77,0; –63,0; –26,0 к норме соответственно). Недостаток тепла был отмечен в мае, июне, августе 2018 г. В 2019 г. вегетация ячменя проходила в относительно благоприятных условиях. Период с мая по август характеризовался гидро-термическим обеспечением, близким к среднему многолетнему значению – средняя температура воздуха 15,4 °С при сумме осадков 240 мм (102,4 % от нормы) (рис. 3).

Объектами исследований, результаты которых представлены в данной статье, являлись сорта ярового ячменя селекции Омского АНЦ, рекомендованные для возделывания в данном регионе, а также новые перспективные линии.

Группа двурядных пленчатых: Омский 95 (стандарт), Саша, Подарок Сибири, Омский 100, Омский 101, Медикум 4867, Нутанс 4883, Нутанс 4812.

Группа многорядных пленчатых: Омский 99 (стандарт), Рикотензе 4885, Паллидум 4861.

Группа двурядных голозерных: Омский голозерный 1 (стандарт).

Группа многорядных голозерных: Омский голозерный 2 (стандарт), Омский голозерный 4.

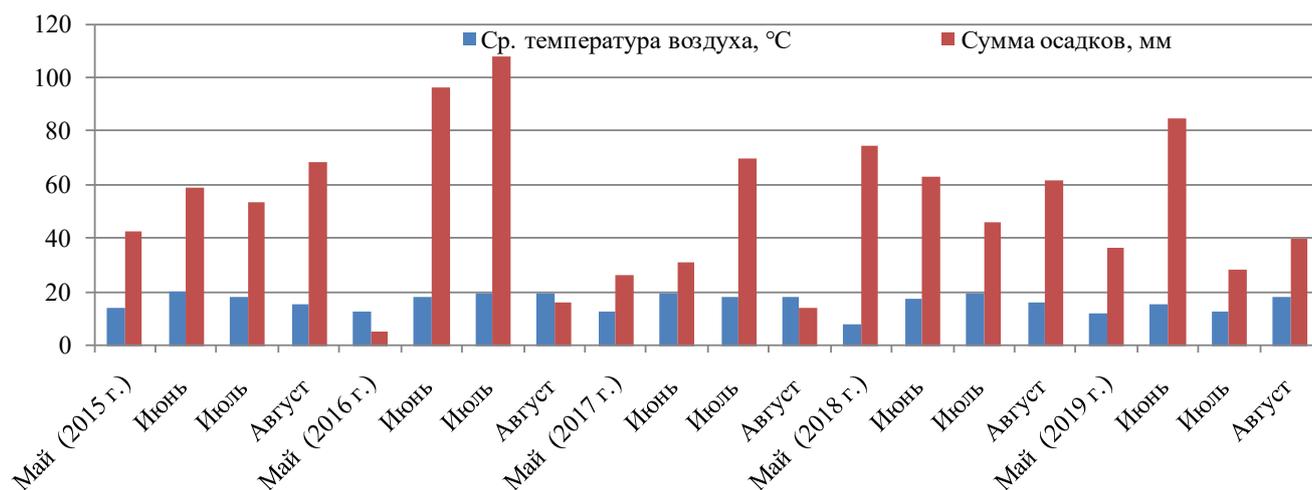


Рис. 3 Характеристика вегетационных периодов 2015–2019 гг. (Омская гидрометеорологическая станция)

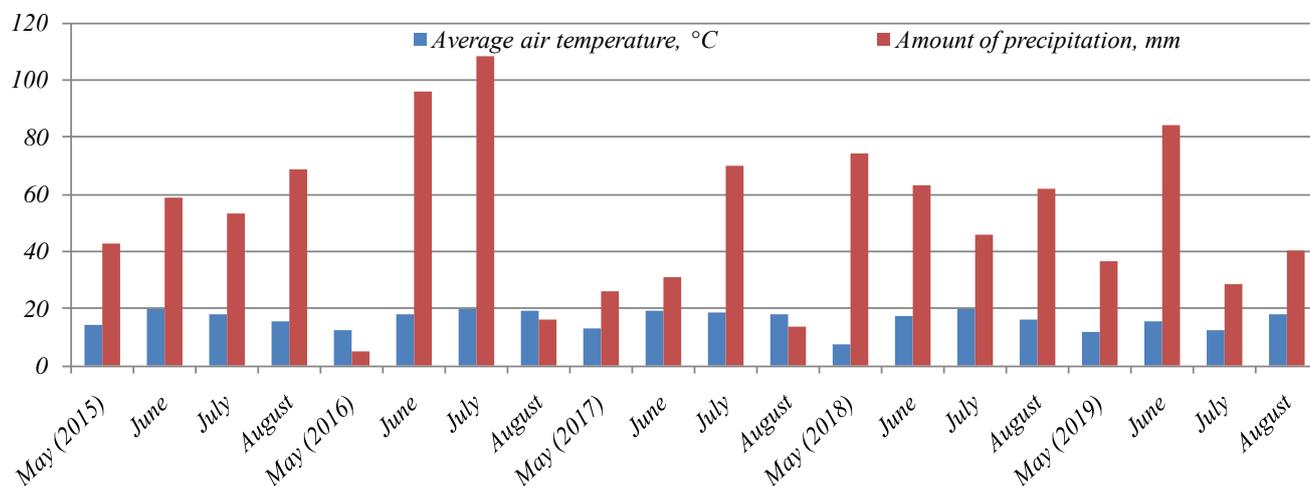


Fig. 3 Characteristics of vegetation periods in 2015–2019 (Omsk hydrometeorological station)

Результаты (Results)

Урожайность зерна представляет собой основной признак, определяющий ценность агробиологических и хозяйственных свойств сорта [1, с. 42–49], [2, с. 37–43]. Она формируется в результате взаимодействия его генотипа с условиями внешней среды, но в современных агроэкологических условиях недостаточная стрессоустойчивость сельскохозяйственных культур способствует низкой реализации урожайного потенциала [20, с. 617–626]. В наших исследованиях средняя величина урожайности по культуре составила 5,14 т/га, она изменилась от 4,06 т/га у сорта Омский голозерный 2 до 5,72 т/га у сорта Подарок Сибири (таблица 3). Максимальная средняя урожайность

(7,19 т/га) получена у сорта Подарок Сибири в 2019 г, минимальная урожайность (2,10 т/га) – в 2016 г. у сорта Омский голозерный 1. В среднем за период исследований, сорта пленчатой группы превышали по урожайности сорта голозерной группы на 1,17 т/га.

Все исследуемые сорта превышали стандарты всех групп в среднем за период исследований (+0,13...+0,90 т/га к стандарту). Также отличаются повышенной урожайностью новые перспективные линии в группе двурядных пленчатых Медикум 4867, Нутанс 4883 и Нутанс 4812 (+0,59...+0,80 т/га к стандарту.) в группе многорядных пленчатых Рикотензе 4885 и Паллидум 4861 (+0,16...+0,13 т/га к стандарту) в среднем за период исследований.

Таблица 1
Урожайность зерна сортов ярового ячменя КСИ за 2015–2019 гг., т/га

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее за период испытаний, кг/га	
						X	± к St
Двурядные пленчатые							
Омский 95 (St)	5,80	2,24	5,09	5,38	5,60	4,82	–
Саша	6,44	4,02	4,54	6,13	6,49	5,52	+0,70
Подарок Сибири	6,43	3,61	5,16	6,25	7,19	5,72	+0,90
Омский 100	6,55	3,96	5,01	5,26	6,54	5,46	+0,64
Омский 101	6,52	3,72	5,28	5,97	6,44	5,58	+0,76
Медикум 4867	6,54	3,61	4,85	5,99	6,39	5,47	+0,65
Нутанс 4883	5,80	3,78	5,25	6,17	7,11	5,62	+0,80
Нутанс 4812	6,16	3,63	4,50	6,09	6,71	5,41	+0,59
Многорядные пленчатые							
Омский 99 (St)	5,32	4,08	4,92	5,69	5,79	5,16	+0,34
Рикотензе 4885	5,17	3,94	5,82	5,81	5,89	5,32	+0,50
Паллидум 4861	4,93	3,83	6,30	5,59	5,83	5,29	+0,47
Двурядные голозерные							
Омский голозерный 1 (St)	4,24	2,10	3,29	5,25	5,97	4,17	–0,65
Многорядные голозерные							
Омский голозерный 2 (St)	3,71	2,75	3,99	4,84	5,05	4,06	–0,76
Омский голозерный 4	4,14	2,59	4,85	5,01	5,18	4,35	–0,47
Среднее	5,60	3,42	4,94	5,67	6,16	5,14	–
HCP ₀₅	0,90	0,80	0,90	1,00	0,90	0,70	–
Ij	+0,46	–1,7	–0,3	+0,53	+1,01	–	–

Table 1
Grain yield of KSI spring barley varieties for 2015–2019, t/ha

Variety	2015	2016	2017	2018	2019	Average for the test period, kg/ha	
						X	± to St
Double-row scaffy							
Omskiy 95 (St)	5.80	2.24	5.09	5.38	5.60	4.82	–
Sasha	6.44	4.02	4.54	6.13	6.49	5.52	+0.70
Podarok Sibiri	6.43	3.61	5.16	6.25	7.19	5.72	+0.90
Omskiy 100	6.55	3.96	5.01	5.26	6.54	5.46	+0.64
Omskiy 101	6.52	3.72	5.28	5.97	6.44	5.58	+0.76
Medikum 4867	6.54	3.61	4.85	5.99	6.39	5.47	+0.65
Nutans 4883	5.80	3.78	5.25	6.17	7.11	5.62	+0.80
Nutans 4812	6.16	3.63	4.50	6.09	6.71	5.41	+0.59
Multi-row scaffy							
Omskiy 99 (St)	5.32	4.08	4.92	5.69	5.79	5.16	+0.34
Rikotenze 4885	5.17	3.94	5.82	5.81	5.89	5.32	+0.50
Pallidum 4861	4.93	3.83	6.30	5.59	5.83	5.29	+0.47
Double-row bare grain							
Omskiy golozernyy 1 (St)	4.24	2.10	3.29	5.25	5.97	4.17	–0.65
Multi-row bare grain							
Omskiy golozernyy 2 (St)	3.71	2.75	3.99	4.84	5.05	4.06	–0.76
Omskiy golozernyy 4	4.14	2.59	4.85	5.01	5.18	4.35	–0.47
Average	5.60	3.42	4.94	5.67	6.16	5.14	–
HCP ₀₅	0.90	0.80	0.90	1.00	0.90	0.70	–
Ij	+0.46	–1.7	–0.3	+0.53	–1.01	–	–

Благоприятные условия выращивания для получения высокой продуктивности сортов сложились в 2015, 2018 и 2019 гг. (5,60; 5,67 и 6,16 т/га) при максимальном индексе окружающей среды $I_j +0,46; +0,53; +1,01$. Неблагоприятные условия отмечались в 2016 г. (3,42 т/га) и 2017 г. (4,94 т/га) (таблица 1).

Для определения существенности величины сортов и лет испытания в формирование урожайности проведен двухфакторный дисперсионный анализ (таблица 2). Результаты проведенного анализа выявили достоверное влия-

ние на формирование урожайности фактора «год» – 65 %, доля влияния фактора «сорт» составила 19%.

В настоящее время существует и применяется большое количество методов математического определения отзывчивости сорта на меняющиеся погодные условия. Они отличаются по степени информативности, сложности расчета, объективности разрешающей способности. В этой связи возникает настоятельная потребность в сравнении некоторых из них в данной работе.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа сортов ярового ячменя

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Среднее квадратичное	Критерий Фишера F		Доля вклада, %
				$F_{\text{факт}}$	F_{05}	
Общая	227,8	69	3,3	–	–	–
Сорта (А)	43,2	13	3,3	4,7	2,07	19,0
Годы (В)	148,1	4	37,0	52,8	2,69	65,0
Остаток (ошибка)	36,5	52	0,7	–	–	–

Table 2

Results of dispersion analysis of spring barley varieties

Dispersion	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	Fischer's criterion F		The percentage contribution, %
				F_{actual}	F_{05}	
General	227.8	69	3.3	–	–	–
Grades (A)	43.2	13	3.3	4.7	2.07	19.0
Years (B)	148.1	4	37.0	52.8	2.69	65.0
Remainder (error)	36.5	52	0.7	–	–	–

Таблица 3

Параметры адаптивности ячменя по урожайности

Сорт	b_i	σ_d^2	a_i	E_i	Ном
Двурядные пленчатые					
Омский 95 (St)	1,02	0,43	1,96	–0,32	0,16
Саша	1,01	0,23	2,08	0,38	0,26
Подарок Сибири	1,14	0,22	2,27	0,58	0,24
Омский 100	0,92	0,33	1,97	0,32	0,27
Омский 101	1,05	0,24	2,14	0,44	0,27
Медикум 4867	1,11	0,14	2,18	0,33	0,24
Нутанс 4883	1,12	0,10	2,22	0,48	0,26
Нутанс 4812	1,18	0,17	2,24	0,27	0,20
Многорядные пленчатые					
Омский 99 (St)	0,63	0,20	1,63	0,02	0,38
Рикотензе 4885	0,65	0,26	1,67	0,18	0,34
Паллидум 4861	0,59	0,70	1,61	0,15	0,29
Двурядные голозерные					
Омский голозерный 1 (St)	1,37	0,34	2,11	–0,97	0,11
Многорядные голозерные					
Омский голозерный 2 (St)	0,76	0,45	1,60	–1,08	0,18
Омский голозерный 4	0,87	0,34	1,74	–0,79	0,18
S_x	0,06	0,04	0,07	0,15	0,02

Table 3
Parameters of adaptability of barley for yield

Variety	b_i	σ_a^2	a_i	E_i	Hom
Double-row scaffy					
Omskiy 95 (St)	1.02	0.43	1.96	-0.32	0.16
Sasha	1.01	0.23	2.08	0.38	0.26
Podarok Sibiri	1.14	0.22	2.27	0.58	0.24
Omskiy 100	0.92	0.33	1.97	0.32	0.27
Omskiy 101	1.05	0.24	2.14	0.44	0.27
Medikum 4867	1.11	0.14	2.18	0.33	0.24
Nutans 4883	1.12	0.10	2.22	0.48	0.26
Nutans 4812	1.18	0.17	2.24	0.27	0.20
Multi-row scaffy					
Omskiy 99 (St)	0.63	0.20	1.63	0.02	0.38
Rikotenze 4885	0.65	0.26	1.67	0.18	0.34
Pallidum 4861	0.59	0.70	1.61	0.15	0.29
Double-row bare grain					
Omskiy golozernyy 1 (St)	1.37	0.34	2.11	-0.97	0.11
Multi-row bare grain					
Omskiy golozernyy 2 (St)	0.76	0.45	1.60	-1.08	0.18
Omskiy golozernyy 4	0.87	0.34	1.74	-0.79	0.18
$S_{\bar{x}}$	0.06	0.04	0.07	0.15	0.02

Таблица 4
Урожайность, селекционная ценность и стабильность сортов ячменя, в среднем за 2015–2019 гг.

Сорт	Урожайность, т/га			Селекционная ценность (Sc)	Индекс стабильности (ИС)
	min	max	\bar{x}		
Двурядные плечатые					
Омский 95 (St)	2,24	5,80	4,82	8,97	10,8***
Саша	4,02	6,49	5,52	18,9	22,7*
Подарок Сибири	3,61	7,19	5,72	16,4	17,0**
Омский 100	3,96	6,55	5,46	18,0	24,6*
Омский 101	3,72	6,52	5,58	17,8	22,7*
Медикум 4867	3,61	6,54	5,47	16,5	19,7**
Нутанс 4883	3,78	7,11	5,62	16,8	20,8**
Нутанс 4812	3,63	6,71	5,41	15,8	14,1***
Многорядные плечатые					
Омский 99 (St)	4,08	5,79	5,16	18,8	55,5*
Рикотензе 4885	3,94	5,89	6,32	18,9	41,9*
Паллидум 4861	3,83	6,30	5,29	17,0	30,4*
Двурядные голозерные					
Омский голозерный 1 (St)	2,10	5,97	4,17	6,12	7,3***
Многорядные голозерные					
Омский голозерный 2 (St)	2,75	5,05	4,06	8,97	19,1**
Омский голозерный 4	2,59	5,18	4,35	9,46	16,7***
$S_{\bar{x}}$	0,18	0,17	0,17	1,19	3,36

Примечание: * высокостабильные, ** стабильные, *** нестабильные.

Table 4
Yield, breeding value and stability of barley varieties, average for 2015–2019

Variety	Yield, t/ha			Breeding value	Stability index (SI)
	min	max	\bar{x}		
Double-row scaffy					
Omskiy 95 (St)	2.24	5.80	4.82	8.97	10.8***
Sasha	4.02	6.49	5.52	18.9	22.7*
Podarok Sibiri	3.61	7.19	5.72	16.4	17.0**
Omskiy 100	3.96	6.55	5.46	18.0	24.6*
Omskiy 101	3.72	6.52	5.58	17.8	22.7*
Medikum 4867	3.61	6.54	5.47	16.5	19.7**
Nutans 4883	3.78	7.11	5.62	16.8	20.8**
Nutans 4812	3.63	6.71	5.41	15.8	14.1***
Multi-row scaffy					
Omskiy 99 (St)	4.08	5.79	5.16	18.8	55.5*
Rikotenze 4885	3.94	5.89	6.32	18.9	41.9*
Pallidum 4861	3.83	6.30	5.29	17.0	30.4*
Double-row bare grain					
Omskiy golozernyy 1 (St)	2.10	5.97	4.17	6.12	7.3***
Multi-row bare grain					
Omskiy golozernyy 2 (St)	2.75	5.05	4.06	8.97	19.1**
Omskiy golozernyy 4	2.59	5.18	4.35	9.46	16.7***
$S_{\bar{x}}$	0.18	0.17	0.17	1.19	3.36

Note: * highly stable, ** stable, *** unstable.

Наиболее широкое применение из-за своей доступности и информативности в мировой практике получил метод S. A. Eberhart, W. A. Russel. Он позволяет рассчитать как экологическую пластичность сорта при помощи коэффициента регрессии (b_i), так и стабильность его урожая через средний квадрат отклонений от линии регрессии (σ_a^2). По мнению авторов, наиболее ценны для использования в производственных условиях сорта, которые соответствуют условию $b_i > 1$, $\sigma_a^2 = 0$. Такие сорта относятся к высокоинтенсивным. Они отзывчивы на улучшение условий выращивания и характеризуются стабильной урожайностью. В нашем опыте к ним относятся сорта Нутанс 4812, Нутанс 4883, Медикум 4867, Подарок Сибири, Омский 101 ($b_i = 1,18; 1,12; 1,11; 1,14; 1,05$; $\sigma_a^2 = 0,17; 0,1; 0,14; 0,22; 0,24$ соответственно).

Сорта с высокими показателями b_i и σ_a^2 менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью. К ним принадлежит сорт голозерного ячменя Омский голозерный 1 ($b_i = 1,37$ и $\sigma_a^2 = 0,34$).

Генотипы, которые соответствуют условию $b_i \leq 1$ и $\sigma_a^2 = 0$, относительно слабо реагируют на улучшение внешних условий, но в то же время имеют стабильную урожайность. К ним относятся сорта Саша, Омский 100, Омский 99, Рикотензе 4885, Омский голозерный 4 ($b_i = 1,01; 0,92; 0,63; 0,65; 0,87$; $\sigma_a^2 = 0,23; 0,33; 0,2; 0,26; 0,34$ соответственно).

Те генотипы, у которых $b_i \leq 1$ и высокий показатель σ_a^2 , слабо реагируют на улучшение внешних условий и имеют невысокую стабильность урожайности, это сорта: Омский 95, Паллидум 4861, Омский голозерный 2 (таблица 3).

В. А. Драгавцев полагал, что мера адаптивности надежно работает лишь тогда, когда у сравниваемых генотипов примерно одинаковые средние величины, иначе на коэффициент регрессии может повлиять эффект метрической шкалы (чем выше средняя величина, тем выше мера пластичности). По его мнению, в этом случае более достоверно и объективно использовать коэффициент мультипликативности. Чем этот показатель больше, тем сильнее изменяется урожай сорта в различных условиях. Анализируя характер мультипликативности у исследуемых сортов за 2015–2019 гг. можно выделить сорта Омский голозерный 2 ($a_i = 1,6$); Паллидум 4861 ($a_i = 1,61$); Омский 99 ($a_i = 1,63$); Рикотензе 4885 ($a_i = 1,67$); Омский голозерный 4 ($a_i = 1,74$). Они характеризуются слабой реакцией на улучшение условий выращивания, что свойственно сортам экстенсивного типа. Сорта: Омский 100 ($a_i = 1,97$); Омский 95 ($a_i = 1,96$) – полуинтенсивного типа. К сортам интенсивного типа, которые хорошо реагируют на улучшение условий возделывания, отнесены сорта Подарок Сибири, Нутанс 4812, Нутанс 4883, Медикум 4867, Омский 10, Омский голозерный 1, Саша ($a_i = 2,27; 2,24; 2,22; 2,18; 2,14; 2,11; 2,08$ соответственно).

Высокая степень проявления генотипического эффекта характеризуется высоким положительным показателем (Ei). Отрицательное его значение указывает на низкую адаптационную способность сорта. Оценка сортов по показателю эффекта генотипа позволила установить распределение сортов по уровню адаптивной способности: Подарок Сибири ($Ei = 0,58$); Нутанс 4883 ($Ei = 0,48$); Омский

101 ($Ei = 0,44$); Саша ($Ei = 0,38$); Медикум 4867 ($Ei = 0,33$); Омский 100 ($Ei = 0,32$); Нутанс 4812 ($Ei = 0,27$); Рикотензе 4885 ($Ei = 0,18$); Паллидум 4861 ($Ei = 0,15$); Омский 99 ($Ei = 0,02$). Отрицательный эффект генотипа отмечен у сортов с низкой адаптационной способностью: Омский голозерный 2, Омский голозерный 1, Омский голозерный 4, Омский 95 ($Ei = -1,08; -0,97; -0,79; -0,32$ соответственно).

Высокую гомеостатичность (по В. В. Хангильдину) проявляют сорта Омский 99, Рикотензе 4885, Паллидум 4861, Омский 100, Омский 101, Саша, Нутанс 4883, Подарок Сибири, Медикум 4867, Нутанс 4812 ($Hom = 0,38; 0,34; 0,29; 0,27; 0,27; 0,26; 0,26; 0,24; 0,24; 0,20$ соответственно). Низкая гомеостатичность отмечена у сортов Омский голозерный 2 ($Hom = 0,18$), Омский голозерный 4 ($Hom = 0,18$), Омский 95 ($Hom = 0,16$), Омский голозерный 1 ($Hom = 0,11$).

Использование эквиваленты (W_i), по С. Wricke, при анализе результатов изучения выявило, что высокой степенью стабильности характеризуется сорта Нутанс 4812, Омский 101, Нутанс 4883, Подарок Сибири, Медикум 4867 ($W_i = 0,23 \dots 0,58$). Средняя степень стабильности отмечена у сортов Омский 99, Саша, Омский голозерный 2, Омский 100, Рикотензе 4885 ($W_i = 0,89 \dots 1,18$). Низкий уровень стабильности выявлен у сортов Омский 95, Омский голозерный 1, Омский голозерный 4, Паллидум 4861 ($W_i = 1,29 \dots 2,52$).

Ведущие позиции по величине селекционной ценности [15, с. 42], согласно методу В. В. Хангильдина в трактовке Н. А. Орлянского, занимают сорта Саша, Рикотензе 4885, Омский 99, Омский 100, Омский 101, Паллидум 4861, Нутанс 4883, Медикум 4867, Подарок Сибири, Нутанс 4812 ($Sc = 18,9; 18,9; 18,8; 18,0; 17,8; 16,8; 16,5; 16,4; 15,8$ соответственно) (таблица 4).

При расчете индекса стабильности (ИС) В. В. Хангильдин использовал среднеквадратический уровень урожайности и общую дисперсию этого признака. Приведенные результаты расчетов показали, что сорта Омский 99 (ИС = 55,5); Рикотензе 4885 (ИС = 41,9); Паллидум 4861 (ИС = 30,4); Омский 100 (ИС = 24,6); Саша (ИС = 22,7); Омский 101 (ИС = 22,7) относятся к группе высокостабильных. В группу стабильных сортов определены сорта Нутанс 4883, Медикум 4867, Омский голозерный 2, Подарок Сибири (ИС = 20,8; 19,7; 19,1; 17,0 соответственно), а к числу нестабильных – сорта Омский голозерный 4, Нутанс 4812, Омский 95, Омский голозерный 1.

Высокие положительные значения параметра эффекта реакции сортов (ЭР), по предложению В. В. Новохатина, указывают на высокую адаптивность сортов к условиям выращивания. В нашем изучении повышенная адаптивность отмечена у сортов Подарок Сибири, Нутанс 4812, Омский голозерный 2 (ЭР = 0,05). Низкая характерна для сортов Омский 95, Нутанс 4883, Омский 99, Омский голозерный 1 (ЭР = 0,01...0,02) (таблица 5).

Для измерения приспособительных возможностей сортов необходимо использование целого ряда методов и подходов, позволяющих объективно оценить их адаптивные возможности. При этом требуется применять ранжирование сортов и проводить окончательную оценку по сумме рангов, учитывая то обстоятельство, что первый ранг самый высокий (таблица 6).

Показатели эффекта реакции (ЭР) сортов ячменя ярового, в среднем за 2015–2019 гг.

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Двурядные пленчатые						
Омский 95 (St)	0,52	-0,88	0,57	0,03	-0,22	0,02
Саша	0,46	0,20	-0,68	0,08	-0,03	0,03
Подарок Сибири	0,25	-0,41	-0,26	0,00	0,47	0,05
Омский 100	0,63	0,20	-0,15	-0,73	0,08	0,03
Омский 101	0,48	-0,16	0,00	-0,14	-0,14	0,04
Медикум 4867	0,61	-0,16	-0,32	-0,01	-0,08	0,04
Нутанс 4883	-0,28	-0,14	-0,07	0,02	0,49	0,02
Нутанс 4812	0,29	-0,08	-0,61	0,15	0,30	0,05
Многорядные пленчатые						
Омский 99 (St)	-0,30	0,62	0,06	0,00	-0,37	0,01
Рикотензе 4885	-0,61	0,32	0,80	-0,04	-0,43	0,04
Паллидум 4861	-0,82	0,24	1,31	-0,23	-0,46	0,04
Двурядные голозерные						
Омский голозерный 1 (St)	-0,39	-0,37	-0,58	0,55	0,80	0,01
Многорядные голозерные						
Омский голозерный 2 (St)	-0,81	0,39	0,23	0,25	-0,01	0,05
Омский голозерный 4	-0,67	-0,06	0,80	0,13	-0,17	0,03
$S_{\bar{x}}$	0,15	0,10	0,16	0,07	0,10	0,01

Table 5

Indicators of the reaction effect of spring barley varieties, average for 2015–2019

Variety	2015	2016	2017	2018	2019	Average
Double-row scaffy						
Omskiy 95 (St)	0.52	-0.88	0.57	0.03	-0.22	0.02
Sasha	0.46	0.20	-0.68	0.08	-0.03	0.03
Podarok Sibiri	0.25	-0.41	-0.26	0.00	0.47	0.05
Omskiy 100	0.63	0.20	-0.15	-0.73	0.08	0.03
Omskiy 101	0.48	-0.16	0.00	-0.14	-0.14	0.04
Medikum 4867	0.61	-0.16	-0.32	-0.01	-0.08	0.04
Nutans 4883	-0.28	-0.14	-0.07	0.02	0.49	0.02
Nutans 4812	0.29	-0.08	-0.61	0.15	0.30	0.05
Multi-row scaffy						
Omskiy 99 (St)	-0.30	0.62	0.06	0.00	-0.37	0.01
Rikotenze 4885	-0.61	0.32	0.80	-0.04	-0.43	0.04
Pallidum 4861	-0.82	0.24	1.31	-0.23	-0.46	0.04
Double-row bare grain						
Omskiy golozernyy 1 (St)	-0.39	-0.37	-0.58	0.55	0.80	0.01
Multi-row bare grain						
Omskiy golozernyy 2 (St)	-0.81	0.39	0.23	0.25	-0.01	0.05
Omskiy golozernyy 4	-0.67	-0.06	0.80	0.13	-0.17	0.03
$S_{\bar{x}}$	0.15	0.10	0.16	0.07	0.10	0.01

Использование параметров приспособительных возможностей и рангового анализа сортов позволило выделить генотипы ячменя, обладающие высокой адаптивностью:

Двурядные пленчатые – новые перспективные линии Нутанс 4883, Нутанс 4812 и сорт Омский 101 (сумма рангов – 34, 38, соответственно).

Многорядные пленчатые – стандартный сорт Омский 99 и новая перспективная линия Рикотензе 4885 (сумма рангов – 54 и 56).

Двурядные голозерные – стандарт Омский голозерный 1 (сумма рангов – 82).

Многорядные голозерные – стандарт Омский голозерный 2 и сорт Омский голозерный 4 (сумма рангов – 86 и 84).

Таблица 6

Ранжирование сортов ячменя по параметрам адаптивности

Сорт	Ранг по параметрам									Сумма рангов
	b_i	σ_d^2	a_i	W_i	Hom	Sc	ИС	E_i	ЭР	
Двурядные пленчатые										
Омский 95 (St)	7	11	9	11	9	10	12	11	4	84
Саша	8	6	7	7	5	1	5	4	3	46
Подарок Сибири	3	5	1	4	6	8	9	1	1	48
Омский 100	9	9	8	9	4	3	4	6	3	55
Омский 101	6	7	5	2	4	4	5	3	2	38
Медикум 4867	5	2	4	5	6	7	7	5	2	43
Нутанс 4883	4	1	3	3	5	6	6	2	4	34
Нутанс 4812	2	3	2	1	7	9	11	7	1	36
Многорядные пленчатые										
Омский 99(St)	13	4	12	6	1	2	1	10	5	54
Рикотензе 4885	12	8	11	10	2	1	2	8	2	56
Паллидум 4861	14	13	13	14	3	5	3	9	2	76
Двурядные голозерные										
Омский голозерный 1 (St)	1	10	6	12	10	12	13	13	5	82
Многорядные голозерные										
Омский голозерный 2 (St)	11	12	14	8	8	10	8	14	1	86
Омский голозерный 4	10	10	10	13	8	11	10	12	3	84

Table 6

Ranking of barley varieties in the parameters of adaptability

Grade	Rank in the parameters									The sum of the ranks
	b_i	σ_d^2	a_i	W_i	Hom	Sc	SI	E_i	RE	
Double-row scaffy										
<i>Omskiy 95 (St)</i>	7	11	9	11	9	10	12	11	4	84
<i>Sasha</i>	8	6	7	7	5	1	5	4	3	46
<i>Podarok Sibiri</i>	3	5	1	4	6	8	9	1	1	48
<i>Omskiy 100</i>	9	9	8	9	4	3	4	6	3	55
<i>Omskiy 101</i>	6	7	5	2	4	4	5	3	2	38
<i>Medikum 4867</i>	5	2	4	5	6	7	7	5	2	43
<i>Nutans 4883</i>	4	1	3	3	5	6	6	2	4	34
<i>Nutans 4812</i>	2	3	2	1	7	9	11	7	1	36
Multi-row scaffy										
<i>Omskiy 99 (St)</i>	13	4	12	6	1	2	1	10	5	54
<i>Rikotenze 4885</i>	12	8	11	10	2	1	2	8	2	56
<i>Pallidum 4861</i>	14	13	13	14	3	5	3	9	2	76
Double-row bare grain										
<i>Omskiy golozernyy 1 (St)</i>	1	10	6	12	10	12	13	13	5	82
Multi-row bare grain										
<i>Omskiy golozernyy 2 (St)</i>	11	12	14	8	8	10	8	14	1	86
<i>Omskiy golozernyy 4</i>	10	10	10	13	8	11	10	12	3	84

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**Выводы**

1. Средняя урожайность по культуре составила за период исследований 2015–2019 гг. 5,14 т/га. Максимальная урожайность отмечена в 2015, 2018 и 2019 гг. (5,60; 5,67 и 6,16 т/га) при высоком положительном индексе окружающей среды I_p , равном +0,46; +0,53; +1,01 соответственно.

2. В среднем за период исследований сорта и линии пленчатой группы превышали по урожайности сорта голозерной группы на 1,17 т/га.

3. Все исследуемые сорта и линии превышали стандарт во всех группах в среднем за период исследований (+0,13...+0,90 т/га).

4. На формирование урожайности ячменя доля влияния фактора «год» составила 65 %, фактора «сорт» – 19 %.

5. Высокоинтенсивны, по S. A. Eberhart и W. A. Russell, линии Нутанс 4812, Нутанс 4883, Ме²ум 4867, сорта Подарок Сибири и Омский 101 ($b_i > 1$, $\sigma_d^2 = 0$).

6. К сортам интенсивного типа (которые хорошо реагируют на улучшение условий возделывания), по В. А. Дра-

гавцеву, относятся сорта Подарок Сибири, Омский 10, Омский голозерный 1, Саша и линии Нутанс 4812, Нутанс 4883, Медикум 4867, ($a_i = 2,08...2,27$).

7. Сорта с высокой адаптивной способностью (по Б. П. Гурьеву): Подарок Сибири, Нутанс 4883, Омский 101, Саша, Медикум 4867, Омский 100 и Омский 99; линии Нутанс 4812, Рикотензе 4885, Паллидум 4861 ($E_i = 0,02...0,58$).

8. Высокую гомеостатичность, по В. В. Хангильдину, проявляют сорта Омский 99, Омский 100, Омский 101, Саша, Подарок Сибири и линии Нутанс 4883, Рикотензе 4885, Паллидум 4861, Медикум 4867, Нутанс 4812 ($Hom = 0,20...0,38$).

9. Высокой степенью стабильности, по С. Wricke, характеризуется сорта Омский 101, Подарок Сибири и линии Нутанс 4812, Нутанс 4883, Медикум 4867 ($W_i = 0,23...0,58$).

10. Ведущие позиции по величине селекционной ценности, согласно методу В. В. Хангильдина в трактовке Н. А. Орлянского, занимают сорта Саша, Омский 99, Омский 100, Омский 101, Подарок Сибири, Паллидум 4861, Нутанс 4883, Медикум 4867, Рикотензе 4885, Нутанс 4812 ($Sc = 15,8...18,9$).

11. Высокостабильны, по В. В. Хангильдину, сорта Омский 99, Омский 100, Саша, Омский 101 и линии Рикотензе 4885, Паллидум 4861, ($IS = 22,7...55,5$).

12. Повышенная адаптивность, по В. В. Новохатину, отмечена у сортов Подарок Сибири, Омский голозерный 2 и линии Нутанс 4812 ($ЭР = 0,05$).

Рекомендации

Для получения повышенного урожая в условиях южной лесостепи Западной Сибири рекомендуются к возделыванию наиболее адаптивные сорта ячменя согласно ранговому анализу всех используемых методик:

Двурядные пленчатые – новые перспективные линии Нутанс 4883, Нутанс 4812 и сорт Омский 101 (сумма рангов – 34, 36, 38 соответственно).

Многорядные пленчатые – стандартный сорт Омский 99 и перспективная линия Рикотензе 4885 (сумма рангов – 54 и 56).

Двурядные голозерные – стандарт Омский голозерный 1 (сумма рангов – 82).

Многорядные голозерные – стандарт Омский голозерный 2 и сорт Омский голозерный 4 (сумма рангов – 86 и 84).

Библиографический список

1. Юсова О. А., Николаев П. Н., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181 (2). С. 42–49. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49.
2. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Агробиологическая характеристика многорядных голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (1). С. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
3. Агровести АПК. 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadivalovye-sbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii> (дата обращения: 30.08.2020).
4. Солонечный П. Н. Ammi и gge biplot анализ взаимодействия генотип-среда линий ячменя ярового // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 6. С. 657–662. DOI: 10.18699/VJ17.283.
5. Чеботарь В. К., Заплаткин А. Н., Щербаков А. В., Мальфанова Н. В., Старцева А. А., Костин Я. В. Микробные препараты на основе эндофитных и ризобактерий, которые перспективны для повышения продуктивности и эффективности использования минеральных удобрений у ярового ячменя (*Hordeum Vulgare* L.) и овощных культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 3. С. 335–342. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.335rus.
6. Гудзенко В. Н. Статистическая и графическая (gge biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
7. Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н. Результаты использования клеточных технологий в создании новых сортов ячменя, устойчивых к токсичности алюминия и засухе // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 5. С. 623–628. DOI: 10.18699/VJ16.183.
8. Компанец Е. В., Козаченко М. Р., Васько Н. И., Наумов А. Г., Солонечный П. Н., Святченко С. И. Комбинационная способность сортов ячменя ярового в системе прямых диаллельных скрещиваний // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 5. С. 537–544. DOI: 10.18699/VJ17.271.
9. Чурюкин Р. С., Гераськин С. А. Проявление эффекта гормезиса у растений ячменя (*Hordeum Vulgare* L.) в контрастных условиях произрастания при γ -облучении семян // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 4. С. 820–829. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.820rus.
10. Тимошенкова Т. А., Тишков Н. И. Новый сорт ярового ячменя Лида, адаптированный к засушливым условиям Оренбургского Предуралья // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 2. С. 11.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
12. Егушова Е. А. Урожайность и параметры адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы // Проблемы развития АПК региона. 2016. Т. 25. № 1-1 (25). С. 31–34.
13. Драгавцев В. А. Как «устроены» признаки продуктивности растений и почему России необходим селекционный фитотрон // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 134–141. DOI: 10.21515/1999-1703-72-134-141.

14. Сюков В. В., Захаров В. Г., Мальчиков П. Н., Кривобочек В. Г., Никонов В. И., Василова Н. З., Ганеев В. А., Гулаева Н. В., Менибаев А. И. Эффективность статистических методов оценки адаптивности генотипов яровой мягкой пшеницы вдоль экологического вектора // Аграрный научный журнал. 2019. № 2. С. 4–12.
15. Андреев А. А., Драчева М. К. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя и подбор родительских пар для селекционного процесса // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4 (64). С. 42–45.
16. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А. Оценка результатов экологического сортоиспытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов // Кукуруза и сорго. 2016. № 2. С. 3–7.
17. Гребенникова И. Г., Чешкова А. Ф., Степочкин П. И., Алейников А. Ф., Чанышев Д. И. Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 100–108.
18. Сотченко В. С., Горбачева А. Г., Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Ветошкина И. А., Панфилова О. Н., Кривошеев Г. Я. Оптимизация семеноводства гибридной кукурузы с использованием селекционных индексов // Кукуруза и сорго. 2017. № 3. С. 3–9.
19. Новохатин В. В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 627–635. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.627rus.
20. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 51 (5). С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.

Об авторах:

Петр Николаевич Николаев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции зернофуражных культур, ORCID 0000-0002-5192-2967, AuthorID 834930; nikolaevpetr@mail.ru

Оксана Александровна Юсова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией генетики, биохимии и физиологии растений, ORCID 0000-0003-3679-8985, AuthorID 547227; ksanajusva@rambler.ru

Ирина Владимировна Сафонова², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608; i.safonova@vir.nw.ru

Николай Иванович Аниськов², доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

² Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Implementation of the biological yield of spring barley in the southern forest-steppe of the Omsk region

P. N. Nikolaev¹, O. A. Yusova¹✉, I. V. Safonova², N. I. Aniskov²

¹ Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

² All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, Saint Petersburg, Russia

✉ E-mail: ksanajusva@rambler.ru

Abstract. In the Russian Federation, barley is widespread and cultivated in all soil and climate zones. The purpose of the research is to determine the adaptability of Omsk varieties of filmy and naked barley on the basis of “grain yield”. **Methods.** The research was conducted from 2015 to 2019 in the conditions of the southern forest-steppe of Omsk. A detailed analysis of the adaptivity parameters is given: the coefficient of the index of environmental conditions, plasticity and stability according; multiplicative coefficient according; the ecovalent of plasticity according; homeostaticity and the stability index; breeding value; genotypic effect, the rate of reaction of varieties to the environmental conditions. Final adaptability of varieties is estimated by the sum of ranks obtained each grade of the studied parameters. **Results.** The results of the research showed that the most adaptive in the conditions of the southern forest-steppe zone of the Omsk region are double-row filmy lines Nutans 4883, Nutans 4812 and variety Omskiy 101 (the sum of ranks = 34...38); multilayered membranous – Omskiy 99 and Nutans 4883 (sum of ranks = 54 and 56); two-row hullless cultivar Omskiy golozernyy 1 (sum of ranks = 82); multi-row hullless varieties Omskiy golozernyy 2, Omskiy golozernyy 4 (sum of ranks = 86 and 84). **Scientific novelty** consists in the study of 8 varieties and 5 new promising lines of filmy and naked groups of barley, selection of the Omsk agricultural research center. The most adaptive varieties and lines for the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia are identified, which are recommended for introduction into production and for further breeding work.

Keywords: barley, yield, plasticity, stability, intensity, homeostaticity, multiplicative coefficient, breeding value, rank.

For citation: Nikolaev P. N., Yusova O. A., Safonova I. V., Aniskov N. I. Realizatsiya biologicheskoy urozhaynosti yachmenya yarovogo v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Omskoy oblasti [Implementation of the biological yield of spring barley in the south-

ern forest-steppe of the Omsk region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 22–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34. (In Russian.)

Paper submitted: 05.10.2020.

References

1. Yusova O. A., Nikolayev P. N., Safonova I. V., Anis'kov N. I. *Izmeneniye urozhaynosti i kachestva zerna ovsa s povysheniyem adaptivnosti sortov* [Changes in the yield and quality of oat grain with an increase in the adaptability of varieties] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020. No. 181 (2). Pp. 42–49. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49. (In Russian.)
2. Nikolayev P. N., Yusova O. A., Anis'kov N. I., Safonova I. V. *Agrobiologicheskaya kharakteristika mnogoryadnykh golozernykh sortov yachmenya seleksii Omskogo ANTS* [Agrobiological characteristics of multilayer naked barley varieties of the Omsk ANC selection] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. No. 180 (1). Pp. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43. (In Russian)
3. Agrovosti APK. 2019 [Agrarian news of the agro-industrial complex] [e-resource]. URL: <https://agrovosti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii> (appeal date: 30.08.2020).
4. Solonechnyy P. N. *Ammi i gge biplot analiz vzaimodeystviya genotip-sreda liniy yachmenya yarovogo* [Ammi and gge biplot analyses of genotype-environment interaction in Spring Barley Lines] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. T. 21. No. 6. Pp. 657–662. DOI 10.18699/VJ17.283. (In Russian.)
5. Chebotar' V. K., Zaplatkin A. N., Shcherbakov A. V., Mal'fanova N. V., Startseva A. A., Kostin Ya. V. *Mikrobnyye preparaty na osnove endofitnykh i rizobakteriy, kotoryye perspektivny dlya povysheniya produktivnosti i effektivnosti ispol'zovaniya mineral'nykh udobreniy u yarovogo yachmenya (Hordeum Vulgarel.) i ovoshchnykh kul'tur* // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016. T. 51. No. 3. Pp. 335–342. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.335rus. (In Russian.)
6. Gudzenko V. N. *Statisticheskaya i graficheskaya (gge biplot) otsenka adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti selektsionnykh liniy yachmenya ozimogo* [Statistical and Graphical (gge biplot) Evaluation of the Adaptive Ability and Stability of Winter Barley Breeding Lines] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. T. 23. No. 1. Pp. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469. (In Russian.)
7. Shupletsova O. N., Shchennikova I. N. *Rezultaty ispol'zovaniya kletochnykh tekhnologiy v sozdanii novykh sortov yachmenya, ustoychivyykh k toksichnosti alyuminiya i zasukhe* [Results of using Cell technologies for Creation of new Barley Varieties resistant against aluminum toxicity and drought] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016. T. 20. No. 5. Pp. 623–628. DOI: 10.18699/VJ16.183. (In Russian.)
8. Kompanets E. V., Kozachenko M. R., Vas'ko N. I., Naumov A. G., Solonechnyy P. N., Svyatchenko S. I. *Kombinatsionnaya sposobnost' sortov yachmenya yarovogo v sisteme pryamykh diallel'nykh skreshchivaniy* [Combining Ability of Spring Barley Varieties in the direct diallel cross System] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. T. 21. No. 5. Pp. 537–544. DOI: 10.18699/VJ17.271. (In Russian.)
9. Churyukin R. S., Geras'kin S. A. *Proyavleniye effekta gormezisa u rasteniy yachmenya (Hordeum Vulgare L.) v kontrastnykh usloviyakh proizrastaniya pri γ -obluchenii semyan* [Hormesis in Barley (Hordeum Vulgare L.) Plants derived from γ -Irradiated seeds under contrasting Weather conditions] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2017. T. 52. No. 4. Pp. 820–829. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.820rus. (In Russian.)
10. Timoshenkova T. A., Tishkov N. I. *Novyy sort yarovogo yachmenya Lida, adaptirovanny k zasushlivym usloviyam Orenburgskogo Predural'ya* [A new variety of Lida spring barley adapted to the arid conditions of the Orenburg pre-Urals] // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN. 2019. No. 2. P. 11. (In Russian.)
11. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 352 p. (In Russian.)
12. Egushova E. A. *Urozhaynost' i parametry adaptivnosti sortov ozimoy myagkoy pshenitsy* [Productivity and adaptability parameters of winter soft wheat varieties] // Problemy razvitiya APK regiona. 2016. Vol. 25. No. 1-1 (25). Pp. 31–34. (In Russian.)
13. Dragavtsev V. A. *Kak "ustroyeny" priznaki produktivnosti rasteniy i pochemu Rossii neobkhodim selektsionnyy fitotron* [How the signs of plant productivity are "arranged" and why Russia needs a breeding phytotron] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 72. Pp. 134–141. DOI: 10.21515/1999-1703-72-134-141. (In Russian.)
14. Syukov V. V., Zakharov V. G., Mal'chikov P. N., Krivobochechek V. G., Nikonov V. I., Vasilova N. Z., Ganeyev V. A., Gulayeva N. V., Menibayev A. I. *Effektivnost' statisticheskikh metodov otsenki adaptivnosti genotipov yarovoy myagkoy pshenitsy vdol' ekologicheskogo vektora* [Effectiveness of statistical methods for assessing the adaptability of spring soft wheat genotypes along the ecological vector] // The Agrarian Scientific Journal. 2019. No. 2. Pp. 4–12. (In Russian.)
15. Andreev A. A., Dracheva M. K. *Otsenka adaptivnoy sposobnosti sortov yarovogo yachmenya i podbor roditel'skikh par dlya selektsionnogo protsesssa* [Assessment of adaptive capacity of spring barley varieties and selection of parent pairs for the breeding process] // Zernovoye khozyaystvo Rossii. 2019. No. 4 (64). Pp. 42–45. (In Russian.)

16. Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A. Otsenka rezul'tatov ekologicheskogo sortoispytaniya gibridov kukuruzy s ispol'zovaniyem selektsionnykh indeksov [Evaluation of the results of ecological variety testing of maize hybrids using selection indices] // Kukuruzha i sorgo. 2016. No. 2. Pp. 3–7. (In Russian.)
17. Grebennikova I. G., Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Chanyshv D. I. Metodika otsenki ekologicheskoy plastichnosti sortov zlakovykh kul'tur [Methods for assessing the ecological plasticity of cereal varieties] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2020. V. 50. No. 2. Pp. 100-108. (In Russian.)
18. Sotchenko V. S., Gorbacheva A. G., Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A., Vetoshkina I. A., Panfilova O. N., Krivosheyev G. Ya. Optimizatsiya semenovodstva gibridnoy kukuruzy s ispol'zovaniyem selektsionnykh indeksov [Optimization of hybrid corn seed production using selection indexes] // Kukuruzha i sorgo. 2017. No. 3. Pp. 3–9. (In Russian.)
19. Novokhatin V. V. Obosnovaniye geneticheskogo potentsiala u intensivnykh sortov myagkoy pshenitsy (*Triticum Aestivum* L.) [Justification of genetic potential in intensive varieties of soft wheat (*Triticum Aestivum* L.)] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016. Vol. 51. No. 5. Pp. 627–635. DOI: 10.15389/agrobiol.2016.5.627rus. (In Russian.)
20. Rybas' I. A., Rybas' I. A. Povysheniye adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016. No. 51 (5). Pp. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiol.2016.5.617rus. (In Russian.)

Authors' information:

Petr N. Nikolaev¹, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory for selection of grain forage crops, ORCID 0000-0002-5192-2967, AuthorID 834930; nikolaevpetr@mail.ru

Oksana A. Yusova¹, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of genetics, biochemistry and plant physiology, ORCID 0000-0003-3679-8985, AuthorID 547227; ksanajusva@rambler.ru

Irina V. Safonova², candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608; i.safonova@vir.nw.ru

Nikolay I. Aniskov², doctor of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589

¹ Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

² All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, Saint Petersburg, Russia

Технологии и методы восстановления деградированных кормовых угодий Центрального Кавказа

И. Э. Солдатова¹, С. М. Джигбилов¹, Э. Д. Солдатов¹, Л. Р. Гулуева¹✉

¹ Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказского научного центра РАН, Михайловское, Россия

✉ E-mail: luda_gulueva@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты НИОКР и новые агрегаты для восстановления деградированных горных участков. **Цель исследования** – ускоренное восстановление естественного фитоценоза и проведение мероприятий по улучшению лугов с использованием данных агрегатов. **Объектом исследования** являются технологии и агрегаты, разработанные авторами для проведения следующих операций: срезание кочек, сгребание камней, подсев травосмесей с одновременным внесением минеральных удобрений. **В задачи исследований** входили определение исходного флористического состава деградированного горного луга; оценка влияния проводимых мероприятий и агроприемов на изменение флористического состава травостоя, его продуктивность и энергоёмкость; выявление эффективности применения разработанных агрегатов при подсевах трав в дернину и адресном внесении минеральных удобрений. **Новизна технического решения** состоит в том, что разработаны новые ресурсосберегающие способы улучшения горных кормовых угодий с применением малогабаритных универсальных агрегатов. **Испытания проводились** на горном стационаре, расположенном на юго-восточной экспозиции Даргавской котловины РСО-Алания, на высоте 1650 м над уровнем моря с уклоном 10° на шести делянках с учетной площадью 360 м². Три варианта в трехкратной повторности: первый вариант – естественное обсеменение, второй – подсев трав агрегатом, третий – подсев трав и внесение низких доз минеральных удобрений N₆₀P₄₅K₂₀. Делянки расположены поперек склона рандомизированно. **Результаты.** Установлено, что при концентрации 17,2 МДж энергии в 1 кг сухого вещества корма общий сбор на контрольном участке составил 29,7 ГДж, а на подсеянном опытном поле – 85,3 ГДж; урожай надземной кормовой массы при подсевах трав в первый год наблюдений составил 21,8 ц/га сухой массы, что в 3 раза выше, чем на контроле. За вегетационный период третьего года наблюдений урожай на подсеянном участке составил 39,2 ц/га сухой массы против 19,3 ц/га на контроле. **Ключевые слова:** агрегат, горы, луга и пастбища, удаление кочек, сгребание камней, подсев трав.

Для цитирования: Солдатова И. Э., Джигбилов С. М., Солдатов Э. Д., Гулуева Л. Р. Технологии и методы восстановления деградированных кормовых угодий Центрального Кавказа // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 35–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-35-42.

Дата поступления статьи: 13.04.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Условия ведения сельскохозяйственного производства в горных районах Центрального Кавказа существенно отличаются рядом характерных особенностей, накладывающих свой отпечаток на уровень экологической безопасности и целесообразного функционирования агросистем.

В сельском хозяйстве горной зоны преобладает животноводческое направление, относящееся к кластеру рискованного земледелия, и оно может быть рентабельно только при максимальном использовании дешевых и высокопитательных кормов из естественных многолетних трав. При этом продуктивность лугопастбищных трав определяется флористическим составом, который зависит от условий произрастания, динамичности среды обитания, от степени развития фитоценоза и интенсивности антропогенного воздействия. Выпас скота на пастбищах – наиболее важный антропогенный фактор, влияющий на экологически безопасное функционирование горных агроэкосистем. Отсутствие надлежащего ухода, нерациональное и бессис-

темное использование пастбищ привело к ухудшению лугомелиоративного состояния, деградации, экологической неустойчивости угодий и пастбищной депрессии [1, с. 9].

Эти негативные факторы наносят не только экономический ущерб республикам с горными территориями, но и приближают непоправимую экологическую катастрофу.

Актуальность решения возникших проблем обусловлена необходимостью ускоренного восстановления естественного фитоценоза – одного из основных факторов поддерживающих экологическую стабильность горных экосистем.

Целью исследований было решить возникшую проблему применением мероприятий поверхностного улучшения природных лугов с использованием агрегатов горной модификации, разработанных группой механизации совместно с отделом рационального использования горных кормовых угодий СКНИИГПСХ.

К мероприятиям поверхностного улучшения природных лугов относятся культуртехнические, гидротехниче-

ские, агротехнические. При этом совместное проведение данных мероприятий повышает эффективность применяемых приемов. Культуртехнические мероприятия являются основой дальнейшего технологического процесса восстановления деградированных горных кормовых угодий. Уничтожение кочек, кротовин, муравейников, образующихся в результате выпаса скота в сырую погоду, деятельности землероев, муравьев и зарастания камней травой проводится шлейфами и боронами, рельсовой волокушей РВ-4.7 или рельсовым планировщиком на жесткой раме. Эту операцию целесообразно проводить в том случае, когда поверхность почвы, предназначенная для улучшения, составляет не более 20–25 % от общей площади.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в лугостепном поясе Даргавской котловины РСО-Алания на травяном деградированном пастбище с проективным покрытием 48 % и следующим флористическим составом: колокольчик раскидистый (*Campanula patula* L.), подорожник средний (*Plantago media* L.), полынь Лессинга (*Artemisia Lessingiana* Bess), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), белоус торчащий (*Nardus stricta* L.), луговик (щучка) (*Deschampsia flexuosa* Tren), астрагал альпийский (*Astragalus alpinus* L.), свербига восточная (*Bunias orientalis* L.). Применение кочкореза, изготовленного лабораторией механизации СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН, позволило проводить сразу три операции: срезание кочек, нарезание щели и

боронование. После проведения данных технологических операций на поверхности почвы появляется определенное количество камней, присутствие которых связано с постоянным разрушением горных пород и утаптыванием почвы животными при выпасе.

Это снижает продуктивность пастбищ и качество работы сельскохозяйственных машин, у которых изнашиваются и выходят из строя рабочие органы. Повышаются затраты на производство кормов до 42 ГДж/га [2, с. 32]. Применение на горных склонах серийных камнеборочных машин УКП-0.6, УКС-0.7А, КУМ-1.2, РУБ-150 с изменением рельефа даже на незначительной площади неэффективно.

Нами разработан агрегат [3, с. 106] для сбора и утилизации мелких и средних камней, наиболее распространенных на горных пастбищах. Агрегат (рис. 1), снабженный рабочими органами для нарезания канала и гребенкой, обеспечивающей копирование рельефа почвы при сгребании камней, движется поперек склона сверху вниз. При этом камни, продвигаясь вдоль рабочей поверхности гребенки, сдвигаются для утилизации в канал, поглощающий стоковые воды, предохраняя склоны от водной эрозии (Патент 2312477 РФ МПК АО1В 43/00. Способ сбора камней на склонах), [4, с. 186].

Ширина канала – 25–30 см. Производительность агрегата – 1,4 га/ч.

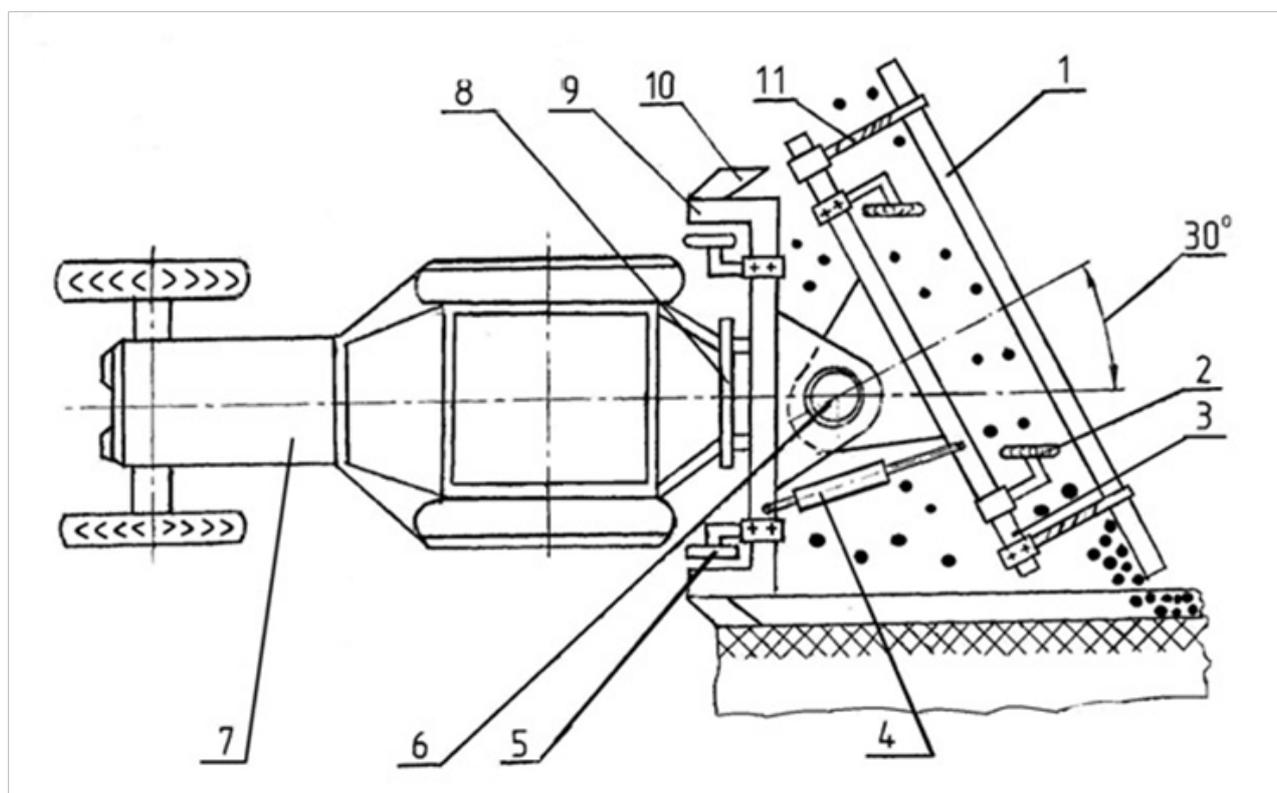


Рис. 1. Принципиальная схема агрегата для сбора и утилизации камней в горной местности: 1 – гребенка, 2 – опорные колеса гребенки, 3 – подвижная рама, 4 – гидроцилиндр, 5 – опорные колеса плуга, 6 – поворотное устройство, 7 – трактор МТЗ-82, 8 – навесное устройство, 9 – неподвижная рама, 10 – корпус плуга, 11 – пружинные стойки

Fig. 1. Schematic diagram of the unit for collecting and disposing of stones in mountainous areas: 1 – comb, 2 – support wheels of the comb, 3 – movable frame, 4 – hydraulic cylinder, 5 – support wheels of the plow, 6 – turning device, 7 – tractor MTZ-82, 8 – attachment device, 9 – fixed frame, 10 – plow body, 11 – spring struts

Результаты поверхностного улучшения с применением агрегатов горной модификации

Технологические операции	Количество побегов, шт/м ²			Накопление биомассы, ц/га						Сбор валовой энергии, ГДж/га		
				Надземной			Подземной					
	Годы											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Культуртехнические мероприятия	480	620	1270	6,8	14,9	19,3	10,9	25,3	40,5	11,7	25,5	33,0
Культуртехнические мероприятия + подсев травосмеси	1240	1990	2300	21,8	47,6	63,4	39,2	95,2	133,1	37,8	81,4	108,4
Культуртехнические мероприятия + подсев травосмеси + удобрение	1930	2270	2850	39,8	59,6	73,3	71,6	119,2	153,9	68,0	101,9	125,3

Table 1

The results of surface improvement using aggregates mining modification

Technological operations	Number of shoots, pcs/m ²			Biomass accumulation, c/ha						The collection of gross energy, GJ/ha		
				Overhead			Underground					
	Years											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cultural and technical events	480	620	1270	6.8	14.9	19.3	10.9	25.3	40.5	11.7	25.5	33.0
Cultural and technical events + overseeding mixtures	1240	1990	2300	21.8	47.6	63.4	39.2	95.2	133.1	37.8	81.4	108.4
Cultural and technical events + overseeding mixtures + fertilizer	1930	2270	2850	39.8	59.6	73.3	71.6	119.2	153.9	68.0	101.9	125.3

Результаты (Results)

Проведение культуртехнических мероприятий позволило в первый год наблюдений, увеличить количество корневищного разнотравья (лапчатки гусиной (*Potentilla anserina* L.), манжетки обыкновенной (*Alchemilla vulgaris* L.), черноголовника многобрачного (*Poterium polygamum* Waldst. & Kit.), первоцвета весеннего (*Primula veris* L.), золотарника обыкновенного (*Solidago virgaurea* L.) и др.) до 480 шт/м², снизив сорные виды однолетнего и двулетнего разнотравья. При этом сбор надземной массы вырос с 3,1 ц/га до 6,8 ц/га сухого вещества (СВ), накопление корневой массы до 10,9 ц/га, сбор валовой энергии (ВЭ) до 11,7 ГДж/га (таблица 1).

К концу третьего года наблюдений эти показатели незначительно увеличились. Количество побегов, хотя и выросло в 2,6 раза, но при этом проективное покрытие почвы травостоем не превысило 78 %. Причем доля рыхлокустовых злаков (овсяница красная (*Festuca rubra* L.), райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.), лисохвост альпийский (*Alopecurus alpinus* Sm.), душистый колосок (*Anthoxanthum odoratum* L.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.) и др.) возросла до 27 %, а бобового компонента (клевер альпийский (*Trifolium alpestra*) и клевер белый (*Trifolium repens*)) до 4,3 %. Урожай СВ не превысил 19,3 ц/га при накоплении 40,5 ц/га СВ подземной массы.

Проведенные в различных горных областях опыты показали, что рыхление дернины луга не дает эффект, даже приводит как к отрицательным результатам, так и в ред-

ких случаях повышает урожай, а восстановительный дерновый процесс проходит в более длительный период [5, с. 266]. Это объясняется повреждением корневищ и вегетативных побегов. Поэтому культуртехнические мероприятия должны проводиться лишь в сочетании с другими мерами улучшения.

На лугах с выродившимся изреженным травостоем в целях ускоренного восстановления продуктивности и средообразующей значимости фитоценозов рекомендуется проводить подсев в дернину ценных лугопастбищных трав [6, с. 1396]. В связи со специфическими условиями (крутизной склонов, мелкоконтурностью рельефа и вероятностью каменистых выступов) на подсеваемом участке, применение стандартных сеялок промышленного производства невозможно.

Созданный авторами опытный образец агрегата для подсева трав на базе культиватора КЧГ-2.4 [7, с. 151] с учетом специфических условий горных территорий, максимально маневренный, эффективный на мелкоконтурных участках с уклоном поверхности луга до 16 (рис. 2). Агрегат, способный преодолевать каменистые выступы, копировать прикатывающими органами незначительные (до 5 см) неровности, обладающий функцией отключения посева трав и его включения по надобности гидросистемой. При этом, регулируя нормы высева от 4,0 до 45,0 кг/га и глубину заделки семян 2–3 см, агрегат выполняет операцию прикатывания, предотвращая снос семян потоками воздуха [8, с. 3].



Рис. 2. Агрегат для подсева семян трав на горные луга и пастбища с последующим прикатыванием
 Fig. 2. Unit for sowing grass seeds on mountain meadows and pastures with subsequent rolling



Рис. 3. Агрегат для подсева травосмесей на горные луга и пастбища
 Fig. 3. Unit for sowing grass mixtures on mountain meadows and pastures

Кроме того, для улучшения горных лугов и пастбищ сконструирован и опробован агрегат для подсева травосмесей: бобовых и злаковых (рис. 3).

Подсев многолетних трав – тимофеевки луговой (*Phleum pratense*) – 5–6 кг/га; райграса пастбищного (*Lolium perenne* L.) – 4–6 кг; коостра безостого (*Bromus inermis*) – 6–8 кг; клевера красного (*Trifolium rubens*) – 4–5 кг – в первый же год наблюдений обеспечил повышение количества побегов до 1240 шт/га, что сопоставимо с плотностью травостоя в варианте с проведением культурно-технических мероприятий на третий год исследования [9, с. 3090]. При этом накопление надземной массы выросло, по сравнению с предыдущим вариантом, в 3,2 раза. Про-

порционально повысилось и накопление подземной массы до 39,2 ц/га, против 10,9 ц/га, и сбор валовой энергии в 3,2 раза.

К концу третьего года наблюдений эти показатели возросли: густота травостоя – до 2300 шт/м²; накопление надземной массы до 63,4 ц/га и подземной до 133,1 ц/га; сбор валовой энергии до 108,4 ГДж/га.

Созданию высокопродуктивного травостоя способствует большой вынос количества питательных веществ, поэтому поддержание продуктивности и качества пастбищного корма может происходить в том случае, если в почве содержится достаточное количество элементов питания [10, с. 22], [11, с. 57].



Рис. 4. Общий вид опытного образца агрегата для внесения минеральных удобрений с последующим прикатыванием
 Fig. 4. General view of the prototype unit for applying mineral fertilizers with subsequent rolling

В многолетних опытах лаборатории горного луговодства только внесение полной дозы минерального удобрения на горных лугопастбищах субальпийского пояса ($N_{120}P_{90}K_{40}$) обеспечило стабильно высокий урожай (41,1 ц/га СВ), в то время как на неудобренных пастбищах продуктивность составляла 11,5–16,0 ц/га.

Удобрения вносились навесным тукозразбрасывателем НРУ-0.5, поэтому ветры, преобладающие в горах в дневное время, нарушали равномерное внесение, создавая мозаичность развития травостоя. В связи с этими проблемами специалистами СКНИИГПСХ был применен агрегат для внесения минеральных удобрений, разработанный авторами (рис. 4).

Многофункциональный агрегат горной модификации [12, с. 1] позволяет более равномерно вносить минеральные удобрения на мелкоконтурные участки лугов и пастбищ, что экономит количество вносимых удобрений до $N_{60}P_{45}K_{20}$, т. е. до половинной нормы от ранее рекомендованной.

Агрегат применяется после проведения культуртехнических мероприятий на склонах до 15° . Двигаясь поперек склона челночным способом, начиная с верхнего участка, он высевает минеральные удобрения штифтово-катушечным аппаратом, разбросным способом, обеспечивая равномерность внесения по ОСТ 10.7.1-2000.

Внесенные удобрения прикатываются катками. Аппарат оснащен устройством для отключения высева из кабины тракториста при разворотах и транспортировке. За счет опорных колес и включения гидравлики навесного устройства трактора агрегат обеспечивает копирование рельефа в плавающем режиме работы.

Емкость заправочного ящика обеспечивает 1–1,5 часа работы при скорости трактора (МТЗ-82Н; МТЗ-82М) $V = 7-8$ км/ч с шириной захвата агрегата $L = 2,4$.

Разбросные трубки подвешены к высевашному аппарату шарнирно, с возможностью сохранения вертикального положения при работе туковысевающего аппарата на склонах до 15° , что позволяет отклониться трубкам как влево, так и вправо от направления движения агрегата.

Разработанные функциональные особенности агрегата позволяют снизить ранее рекомендованные дозы минеральных удобрений в два раза. Этот агротехнический прием, применяемый совместно с культуртехническими мероприятиями и подсевом трав, обеспечил повышение количества побегов [13, с. 257] в первый год наблюдений до 1930 шт/м², что выше, чем в варианте с применением только культуртехнических мероприятий и подсева, на 23,9 %. К третьему году наблюдений этот показатель увеличился до 2850 шт/м², обеспечив 100 % проективное покрытие почвы, что положительно сказалось на накоплении биомассы [14, с. 714].

Динамика накопления биомассы по годам исследования выглядела следующим образом: надземной массы – 39,8–59,6–73,3 ц/га СВ; подземной массы – 71,6–119,2–153,9 ц/га СВ.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

С учетом содержания органических веществ в корме и соответствующих им энергетических коэффициентов была определена концентрация валовой энергии с 1 га с учетом совокупных затрат, которые составили (по вариантам опыта) 3,1–11,7–23,2 ГДж. Дана всесторонняя энергетическая оценка, которая показала, что окупаемость затрат сбором энергии наивысшей была в первом варианте – АК-10,6; во втором – 9,3; в третьем – 5,4 раз. Однако удельные затраты антропогенной энергии на производство 1 ГДж ОЭ (обменная энергия корма) являются обратной величиной к показателю АК (агроэкологический коэффициент).

Следовательно, при восстановлении продуктивности деградированных горных кормовых угодий проведение культуртехнических мероприятий и агроприемов (удаление камней, подсев трав, внесение удобрений) с применением агрегатов горной модификации [15, с. 239], несмотря на повышение антропогенных затрат, увеличивает продуктивность пастбищ соответственно примененным приемам (по уровню к исходному – 6,8 ц/га) в 2,8–9,3–10,8 раза.

Накопление подземной массы в 3,7–12,2–14,1 раза способствует созданию прочной дернины, устойчивой к эрозионным процессам, повышающей почвенное плодородие и экологическую устойчивость окружающей среды [16, с. 658].

Библиографический список

1. Солдатова И. Э., Солдатов Э. Д. Создание высокопродуктивных сенокосов и пастбищ в горной зоне Северного Кавказа // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 3. С. 9–14.
2. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах / А. А. Кутузова [и др.] 3-е изд. перераб. и доп. М.: Угрешская типография, 2015. 32 с.
3. Джибилов С. М., Гулуева Л. Р., Коробейник И. А. Агрегат для сгребания камней с одновременным автоматическим подсевом трав на горные луга и пастбища Северного Кавказа // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 1. С. 106–112.
4. Кудзаев А. Б., Ридный С. Д., Ридный Д. С., Кузнецов Д. И., Цгоев А. Э. Качество обработки пласта почвы рабочими органами машины для поиска крупных камней // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 4. С. 186–198.
5. Зотов А. А., Хисматуллин М. М. Улучшение и использование природных сенокосов и пастбищ среднего Поволжья: монография. Казань: типография «Зур Казан», 2015. 266 с.
6. Мамиев Д. М. Перспективы развития биологического земледелия в РСО-Алания. Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 9 (97). С. 1396–1402. DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-9-1396-1402.
7. Джибилов С. М., Гулуева Л. Р., Бестаев С. Г., Пораева З. Х., Кумсиев Э. И. Устройство для автоматического, адресного подсева семян трав // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 2. С. 151–156.
8. Джибилов С. М., Гулуева Л. Р. Способ восстановления горных кормовых угодий // Аграрный Вестник Урала. 2018. № 7 (174). С. 3.
9. Scotton M. Mountain meadow restoration: the effect of seeding rates, climate and soil on plant density and cover // Science of the Total Environment. 2019. No. 651. Pp. 3090–3098. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.192.
10. Новоселов С. И., Кузьминых А. Н., Еремеев Р. В. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота. Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06.
11. Аканова Н. И., Визирская М. М. Эффективные агрохимические средства повышения рентабельности растениеводства // Плодородие. 2019. № 2 (107). С. 57–60. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.18.
12. Коробейник И. А. Совершенствование конструкции пропашного культиватора для обработки почв засоренных камнями: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Владикавказ, 2014. 23 с.
13. Zhang Zh., Yu K., Siddique K., Nan Zh. Phenology and sowing time affect water use in four annual herbs of the warm season under semi-arid conditions // Agricultural and Forest Meteorology. 2019. Vol. 269. Pp. 257–269. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.01.028.
14. Kudzaev A. B., Urtaev T. A., Tsgoev A. E., Korobeynik I. A., Tsgoev D. V. Adaptive energy-saving cultivator equipped with the simultaneous adjuster of sections for working stony soils // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2017. Vol. 8. No. 11. Pp. 714–720.
15. Kyul E. V., Apazhev A. K., Kudzaev A. B., Borisova N. A. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards // Indian Journal of Ecology. 2017. Vol. 44. No. 2. Pp. 239–243.
16. Kudzaev A. B., Urtaev T. A., Tsgoev A. E., Korobeynik I. A., Tsgoev D. V. Study of elastic composite rods for creating fuses of tilters // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. Vol. 8. No. 11. Pp. 658–666.

Об авторах:

Ирина Эдуардовна Солдатова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории горного лугового водства и животноводства, ORCID 0000-0002-1683-6908, AuthorID 760267

Сергей Майрамович Джибилов¹, кандидат технических наук, заведующий лабораторией механизации сельскохозяйственного производства, ORCID 0000-0003-3597-0720, AuthorID 750961

Эдуард Дмитриевич Солдатов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом рационального использования горных кормовых угодий, ORCID 0000-0002-0227-0835, AuthorID 760282

Людмила Романовна Гулуева¹, ведущий конструктор лаборатории механизации сельскохозяйственного производства, ORCID 0000-0002-1089-3688, AuthorID 591784; +7 (8672) 23-03-42, luda_guluева@mail.ru

¹ Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказского научного центра РАН, Михайловское, Россия

Technologies and methods of restoration of degraded forage lands of the Central Caucasus

I. E. Soldatova¹, S. M. Dzhibilov¹, E. D. Soldatov¹, L. R. Guluyeva^{1✉}

¹North Caucasian Research Institute of Mining and Piedmont Agriculture of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Mikhaylovskoe, Russia

✉E-mail: luda_gulueva@mail.ru

Abstract. The article presents the results of R&D and new units for the restoration of degraded mountain areas. **The purpose of the study** is the accelerated restoration of the natural phytocenosis and the implementation of measures to improve meadows using these aggregates. **The object of the study** is the technologies and units developed by the authors for the following operations: cutting bumps, raking stones, sowing grass mixtures with the simultaneous application of mineral fertilizers. **The research objectives** included: determining the initial floristic composition of a degraded mountain meadow; assessment of the impact of events and agricultural practices on the change in the floristic composition of the grass stand, its productivity and energy intensity; identification of the effectiveness of the application of the developed units when sowing herbs in turf and targeted application of mineral fertilizers. **The novelty of the technical solution** lies in the fact that new resource-saving methods have been developed to improve mountain fodder land using small-sized universal units. **The tests were carried out** at a mountain hospital located on the southeastern exposition of the Dargavskiy depression of the North Ossetia-Alania, at an altitude of 1650 m above sea level with a slope of 10°, in six plots, with a recorded area of 360 m². Three options in triplicate. The first option is natural seeding, and the second is grass seeding by the aggregate, the third option is grass seeding and low doses of N₆₀P₄₅K₂₀ fertilizers. The plots are located across the slope randomized. **It was found that** at a concentration of 17.2 MJ of energy in 1 kg of dry matter of feed, the total collection in the control plot was 29.7 GJ, and in the seeded experimental field – 85.3 GJ; the crop of the aboveground fodder mass, when sowing grasses, in the first year of observations amounted to 21.8 c/ha of dry weight, which is 3 times higher than in the control. During the growing season of the third year of observations, the yield in the sown area was 39.2 c/ha of dry weight against 19.3 c/ha in the control.

Keywords: aggregate, mountains, meadows and pastures, removing bumps, raking stones, replanting grasses.

For citation: Soldatova I. E., Dzhibilov S. M., Soldatov E. D., Guluyeva L. R. Tekhnologii i metody vosstanovleniya degradirovannykh kormovykh ugodiy Tsentral'nogo Kavkaza [Technologies and methods of restoration of degraded forage lands of the Central Caucasus] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 35–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-35-42. (In Russian.)

Paper submitted: 13.04.2020.

References

1. Soldatova I. E., Soldatov E. D. Sozdanie vysokoproduktivnykh senokosov i pastbishch v gornoy zone Severnogo Kavkaza [Creation of highly productive hayfields and pastures in the mountainous zone of the North Caucasus] // Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2017. Vol. 54. No. 3. Pp. 9–14. (In Russian.)
2. Kutuzova A. A., et al. Metodika otsenki potokov energii v lugovykh agroekosistemakh [Methodology for assessing energy flows in meadow agroecosystems]. 3rd ed. reslave and add. Moscow: Ugreshskaya tipografiya, 2015. 32 p. (In Russian.)
3. Dzhibilov S. M., Guluyeva L. R., Korobeynik I. A. Agregat dlya sgrebaniya kamney s odnovremennym avtomaticheskim podsevom trav na gornye luga i pastbishcha Severnogo Kavkaza [The unit for raking stones with simultaneous automatic sowing of grasses on mountain meadows and pastures of the North Caucasus] // Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2018. Vol. 55. No. 1. Pp. 106–112. (In Russian.)
4. Kudzaev A. B., Ridnyy S. D., Ridnyy D. S., Kuznetsov D. I., Tsgoev A. E. Kachestvo obrabotki plasta pochvy rabochimi organami mashiny dlya poiska krupnykh kamney [The quality of soil treatment by the working bodies of the machine for searching for large stones] // Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2018. Vol. 55. No. 4. Pp. 186–198. (In Russian.)
5. Zotov A. A., Khismatullin M.M. Uluchshenie i ispol'zovanie prirodnykh senokosov i pastbishch srednego Povolzh'ya: monografiya [Improvement and use of natural hayfields and pastures of the middle Volga region: monograph]. Kazan: Zur Kazan, 2015. 266 p. (In Russian.)
6. Mamiev D. M. Perspektivy razvitiya biologicheskogo zemledeliya v RSO-Alaniya [Prospects for the development of biological farming in North Ossetia-Alania] // Scientific life. 2019. Vol. 14. No. 9 (97). Pp. 1396–1402. DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-9-1396-1402. (In Russian.)
7. Dzhibilov S. M., Guluyeva L. R., Bestaev S. G., Poraeva Z. Kh., Kumsiev E. I. Ustroystvo dlya avtomaticheskogo, adresnogo podseva semyan trav [Device for automatic, targeted sowing of grass seeds] // Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2016. No. 53/2. Pp. 151–156. (In Russian.)
8. Dzhibilov S. M., Guluyeva L. R. Sposob vosstanovleniya gornyx kormovykh ugodiy [The method of restoration of mountain grassland] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 7 (174). Pp. 3. (In Russian.)

9. Scotton M. Mountain meadow restoration: the effect of seeding rates, climate and soil on plant density and cover // *Science of The Total Environment*. 2019. No. 651. Pp. 3090–3098. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.192.
10. Novoselov S. I., Kuz'minykh A. N., Ereemeev R. V. Plodorodie pochvy i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v zavisimosti ot osnovnoy obrabotki i sevooborota [Soil fertility and crop productivity depending on the main cultivation and crop rotation] // *Plodorodie*. 2019. No. 6 (111). Pp. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06. (In Russian.)
11. Akanova N. I., Vizirskaya M. M. Effektivnye agrokhimicheskie sredstva povysheniya rentabel'nosti rastenievodstva [Effective agrochemical means of increasing the profitability of crop production] // *Plodorodie*. 2019. No. 2 (107). Pp. 57–60. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.18. (In Russian.)
12. Korobeynik I. A. Sovershenstvovanie konstruksii propashnogo kul'tivatora dlya obrabotki pochv zasorenykh kamnyami: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Improvement of the design of the tilled cultivator for processing soils clogged with stones: abstract of dissertation ... candidate of technical sciences. Vladikavkaz, 2014. 23 p. (In Russian.)
13. Zhang Zh., Yu K., Siddique K., Nan Zh. Phenology and sowing time affect water use in four annual herbs of the warm season under semi-arid conditions // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. Vol. 269. Pp. 257–269. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.01.028.
14. Kudzaev A. B., Urtaev T. A., Tsgoev A. E., Korobeynik I. A., Tsgoev D. V. Adaptive energy-saving cultivator equipped with the simultaneous adjuster of sections for working stony soils // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. No. 11. Pp. 714–720.
15. Kyul E. V., Apazhev A. K., Kudzaev A. B., Borisova N. A. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards // *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44. No. 2. Pp. 239–243.
16. Kudzaev A. B., Urtaev T. A., Tsgoev A. E., Korobeynik I. A., Tsgoev D. V. Study of elastic composite rods for creating fuses of tilthers // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. No. 11. Pp. 658–666.

Authors' information:

Irina E. Soldatova¹, candidate of biological sciences, senior researcher of laboratory of mountain grassland and livestock, ORCID 0000-0002-1683-6908, AuthorID 760267

Sergey M. Dzhibilov¹, candidate of technical sciences, head of the laboratory of agricultural mechanization, ORCID 0000-0003-3597-0720, AuthorID 750961

Eduard D. Soldatov¹, candidate of agricultural sciences, head of the department of rational use of mountain forage land, ORCID 0000-0002-0227-0835, AuthorID 760282

Lyudmila R. Guluyeva¹, leading designer of the laboratory of agricultural mechanization, ORCID 0000-0002-1089-3688, AuthorID 591784; +7 (8672) 23-03-42, luda_gulueva@mail.ru

¹North Caucasian Research Institute of Mining and Piedmont Agriculture of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Mikhaylovskoe, Russia

Введение в культуру *in vitro* *Ginkgo biloba* (Linnaeus, 1771)

В. А. Бессонова^{1✉}, О. Е. Черепанова¹

¹ Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: bessonova-varechka@mail.ru

Аннотация. Целью данного исследования было введение в культуру *Ginkgo biloba* для изучения состава и свойств его биологически активных соединений. **Методы.** Исследовались оптимальные условия для получения жизнеспособной культуры тканей, такие как концентрация фитогормонов, световой день, концентрация неорганических и органических веществ в составе среды Мурасиге – Скуга. Также была проверена эффективность стандартного метода стерилизации гипохлоридом натрия молодых листьев и вегетативных почек. **В результате** проведенного эксперимента был получен жизнеспособный каллус из листьев *G. biloba*, что свидетельствует об оптимальности подобранных условий, способствующих высокой пролиферативной активности растения. Исследовано влияние фитогормонов ИУК в концентрации 0,5 мл и 6-БАП, в концентрации 2,5 мл. А также был подобран идеальный посадочный материал для получения каллуса – молодые листья, которые оказались чувствительнее к обработке гипохлоридом. **Научная новизна.** Данное исследование является фундаментом для будущих работ как нашей лаборатории, так и других исследовательских групп. Полученный каллус можно использовать для размножения представителей *G. biloba* в условиях оранжерей и дальнейшего исследования уникальных химических веществ, таких как гинкгоглиды и билобалиды, содержащихся в экстракте растений данной группы.

Ключевые слова: *Ginkgo biloba*, каллус *Ginkgo biloba*, Egb 761, концентрация фитогормонов, стерилизация *Ginkgo biloba*, гинкгоглиды, регенерация растений, вторичные метаболиты.

Для цитирования: Бессонова В. А., Черепанова О. Е. Введение в культуру *in vitro* *Ginkgo biloba* (Linnaeus, 1771) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 43–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-43-49.

Дата поступления статьи: 18.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Ginkgo biloba (Linnaeus, 1771) является перспективным объектом для изучения и единственным живым представителем в порядке *Ginkgoales* [1, с.58].

К сожалению, часто есть трудности с культивированием *G. biloba* из-за его эндемичности. Ареал произрастания *G. biloba* – Китай. Он расположен небольшими популяциями в основном в горах Юго-Восточного Китая, где в основном субтропический климат. *G. biloba* не приспособлен к низким температурам и засухе, поэтому субтропический климат со среднегодовой температурой 14 °С и средним увлажнением идеально подходит [2, с. 10–13]. В связи с этим за пределами ареала *G. biloba* культивируют в оранжереях, а также выводят новые устойчивые сорта. Часто не получается создать оптимальные условия, в которых растению будет комфортно расти. Очень сложно подобрать состав почвы, влажность, температуру, освещенность. Поэтому наиболее перспективно создание культуры *G. biloba* в условиях *in vitro*, что позволит быстрее добиться успеха в культивировании, а также изучение компонентного состава экстрактов *G. biloba*.

Семена *G. biloba* обладают коротким периодом схожести и жизнеспособности, требуют особой методики стратификации, с хранением при 4 °С в течение нескольких месяцев [3], [4]. Вырастить каллус из семян достаточно проблематично. Также семена и эмбрионы очень чувствительны к окружающей среде и плохо сохраняются, быстро

высыхая. Поэтому для создания каллуса перспективнее использовать свежий материал (почки, молодые листья).

Вырастить каллус из семян *G. biloba* возможно при улучшении их сохранности при помощи сложных химических веществ или при высаживании свежих семян [4], [5]. В Китае исследовали влияние хитозана и экстракта экзоплевро *G. biloba* на свежие семена. Данные вещества ингибируют грибковую активность, предотвращая гниение и распад семян, уменьшают окислительный стресс [6]. Это поможет в будущем транспортировать семена, не теряя всхожести.

Целью нашей работы было введение в культуру *G. biloba* для получения материала, который возможно использовать в селекции, а также для изучения накопления БАВ.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалом для культивирования стали молодые вегетативные органы *G. biloba*, произрастающего в оранжерейном комплексе Ботанического сада УрО РАН. Раскрывающиеся молодые листья, пазушные и верхушечные почки были собраны нами в период начала вегетационного сезона. Наиболее предпочтительными для эксперимента были верхушечные почки. Дополнительно нами высаживались и черенки зеленых стеблей. После сбора материал хранили при температуре 5 °С.

Листовая пластинка взрослого растения *G. biloba* даже в начале вегетационного периода имеет размеры от 2 до 6 см, поэтому перед посадкой на среду проводили деление листьев на равные части.

Таблица 1
Состав среды Мурасиге – Скуга
для культивирования *G. biloba*

Макроэлементы	Количество
NH_4NO_3	825 мг
KNO_3	950 мг
$CaCl_2$	155 мг
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	185 мг
KH_2PO_4	85 мг

Микроэлементы	Количество
Fe-хелат	1 мл
Миоинозит	5 мл
Витамины	100 мг
Сахароза	1 мл
Агар	30 г
Агар	8 г
Вода	До 500 мл

Фитогормоны	Количество
ИУК	0,5 мл
6-BAП	2,5 мл

Table 1
Composition of Murashige and Skoog medium
for *G. biloba* cultivation

Macroelements	Amount
NH_4NO_3	825 mg
KNO_3	950 mg
$CaCl_2$	155 mg
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	185 mg
KH_2PO_4	85 mg

Microelements	Amount
Fe-chelate	1 ml
Myo-inositol	5 ml
Vitamins	100 mg
Sucrose	1 ml
Agar	30 g
Agar	8 g
Water	Less than 500 ml

Phytohormones	Amount
NAA	0,5 ml
6-BAП	2,5 ml

Культивирование производили на среде Мурасиге – Скуга с авторской вариацией, с добавлением фитогормонов (таблица 1) ИУК и 6-БАП. Согласно предварительному литературному поиску, одновременное использование ИУК и 6-БАП дает оптимальные результаты, формируется быстрорастущая культура *G. biloba* [3], [7–10].

Среду готовили согласно протоколу, состав и концентрация гормонов которой указаны в таблице 1. Горячий субстрат в объеме 25 мл разливали в подготовленную чистую посуду, а после закрывали и автоклавировали.

Перед высаживанием материала на среду проводили стерилизацию посадочного материала с вариацией стандартной методики, часто используемой в биотехнологии [11, с. 38]. Верхушечные и пазушные почки, листья и зеленые стебли погружали в воду с моющим средством с аналогичным Tween 20 действующим эффектом, а после промывали под проточной водой. Материал помещали в отдельную посуду так, чтобы в процессе стерилизации все ткани были полностью погружены в раствор. На первом этапе верхушечные и пазушные почки, листья и зеленые стебли помещали в 70-процентный этанол на 15 секунд. Затем переносили в раствор «Белизны» (раствор гипохлорита) в концентрации 3 % на пять минут. На последнем этапе проводили отмывание в течение 15 минут в стерильной воде в трехкратной повторности. Почки и листья высаживались отдельно.

Перед высаживанием почки были очищены от почечных чешуй при помощи иглы и скальпеля, которые предварительно стерилизовались нами. Повторной стерилизации уже очищенных почек не производилось.

Световой день составлял 16 часов, температурный диапазон – 20–25 °С.

Результаты (Results)

Интерес, проявляемый к данному таксону, связан с перечнем биологически активных компонентов, которые были обнаружены в результате изучения экстрактов *G. bi-*

loba. В зависимости от способа выделения экстракта, места произрастания, а также изменения внешних факторов (температуры, влажности субстрата и атмосферного воздуха, уровня освещенности) концентрации биологически активных компонентов могут значительно варьировать. Среди всех биологически активных веществ, доступных к выделению из вегетирующих частей растения, наибольший интерес представляет Egb 761. На сегодняшний день экстракт Egb 761 является наиболее исследованным и допущенным к использованию в качестве медицинского препарата. В нем отмечены уникальные химические соединения, которых нет в других группах растений, гинкгоглиды (3,1 %) и билобалиды (2,9 %) [12–14]. Встречается большое количество терпенов (около 38 %), флавоноидов (до 24 %) и в небольших концентрациях агликаны [3]. Гинкгоглиды и билобалиды достаточно хорошо изучены, известно их строение, основные физические и химические свойства. Проведено множество исследовательских работ, направленных на изучение влияния этих групп соединений на физиологические процессы, протекающие в организме лабораторных животных и человека. В результате этих исследований было установлено, что гинкгоглиды обладают нейропротекторным действием, которое позволит в будущем лечить церебральный атеросклероз, двигательную дисфункцию и расстройство памяти путем направленной дифференцировки стволовых клеток, находящихся в нервной ткани [14–20].

Наиболее активно разнообразные экстракты данной группы растений применяются в китайской народной медицине на протяжении многих сотен лет. Особенно ценны для лечения заболеваний системы органов дыхания: кашля и астмы экстракты, получаемые одновременно из листьев и семян [21–23].

В ходе проведенных первичных экспериментов по подбору компонентного состава среды для культивирования *G. biloba* в условиях *in vitro* нами была получена культура

быстрорастущих каллусных клеток, которую удобно использовать в дальнейшем для размножения интродуцированных в Оранжерейном комплексе Ботанического сада немногочисленных представителей данного таксона, а также для изучения состава биологически активных компонентов в различных вариантах экстрактов. Последующее направленное гормональное индуцирование роста разделенных частей каллуса позволит вывести разнообразные линии *G. biloba*.

Образование каллусных клеток на поверхности эксплантов началось через две недели после посадки. Быстрее всего на гормональную стимуляцию ответили стеблевые части вегетативного побега. Результаты, полученные нами о ходе начала роста эксплантов, соответствуют данным, представленным в более ранней работе Ченга [3]. Рост каллусов на поверхности молодых листьев начинался с запозданием в 5–6 дней и локализовался в черешковой области. Следовательно, ткани собственно молодых листьев *G. biloba* имеют невысокую пролиферативную активность за исключением причерешковой области, что подтверждает результаты, полученные в Таврическом университете [7]. Слабо дифференцированный каллус сформировался в большом объеме в районе черешка, на поверхности питательной среды. Через месяц после посадки были сделаны фотографии (рис. 1). Часть каллуса имела желто-коричневый цвет (рис. 1, А), а другая его часть – светлый желто-зеленый (рис. 1, Б, В). Вероятно, это связано со степенью

освещенности в период активного роста экспланта. Скорее всего, образовавшийся каллус (рис. 1, А) был закрыт от света частью листовой пластинки. Светлый желто-зеленый цвет характерен для нормально развивающегося каллуса, который способен к длительному существованию и быстрому росту [24].

Через 5 недель после появления каллуса произошло отмирание больших участков. Через два месяца после посадки была сделанная вторая серия фотографий (рис. 2). Видно значительное ухудшение состояния каллусной ткани (рис. 2, А, Б). Ее объем увеличился, но часть ткани начала отмирать, что говорит об ухудшении питания, а также может свидетельствовать о снижении качества питательной среды. Для сохранения культуры нами проведена повторная пересадка на свежеприготовленную питательную среду с тем же составом Мурасиге – Скуга. Пока неизвестно, что именно повлияло на отмирание каллуса. Одна из возможных причин – неправильно подобранная концентрация солей, макро- и микроэлементов в среде. В начале роста они стимулировали деление и быстрый рост каллуса, но постепенно могли привести к угнетению из-за изменения соотношения макро- и микроэлементов. Также не стоит забывать про влияние света и температуры, которые играют определяющую роль в развитии растения. Для успешного введения в культуру *in vitro* экспланты необходимо чаще пересаживать на свежую среду, чтобы исключить быстрое отмирание каллусной ткани.



Рис. 1. Образование каллусной ткани на эксплантах *G. biloba* через месяц после посадки: А (части листа из причерешковой области), Б (листья и части стебля), В (листья)



Fig. 1 Callus tissue formation on *G. biloba* explants, one month after planting: А (part of the sheet from the pedicellate area), В (leaves and parts of the stem), С (leaves)



Рис. 2. Культура эксплантов *G. biloba* через два месяца после посадки: А (части листа из причерешковой области), Б (листья и части стебля), В (листья)



Fig. 2. *G. biloba* explant culture, two months later after planting: A (part of the sheet from the pedicellate area), B (leaves and parts of the stem), C (leaves)

Концентрация фитогормонов в данном варианте среды была подобрана оптимально, что позволило эксплантам успешно развиваться в течение первого месяца. Необходимо отметить, что рост и развитие культуры *G. biloba* идет волнообразно. Периоды активного роста сменяются равными периодами покоя, когда прироста новых тканей не наблюдается. При анализе различных литературных источников нами был определен оптимальный коридор содержания фитогормонов в среде. Концентрация не должна выходить за пределы 0,5–3 мкг для каждого гормона [3], [7], [9], [10]. При концентрации гормонов ниже или выше данного диапазона каллус не образуется либо имеет низкую частоту клеточных делений на первых этапах развития и формирования культуры.

Мы предполагаем, что относительно высокие концентрации гормонов в среде способствовали стагнации ростовых процессов культуры *G. biloba*. Есть вероятность, что данная концентрация оказалась губительна при последующем росте культуры и возможно привела к повышению секреции вторичных метаболитов. В ряде работ отмечено что, концентрация фитогормонов для успешной продукции каллуса и быстрого образования метаболитов, отличается [25], [26].

Часть посаженного материала погибла вследствие заражения патогенной флорой, что явилось результатом некачественной стерилизации посадочного материала. Так как листья были высажены отдельно, они остались здоровы. Именно почки оказались подвержены активному заражению. Использование материала, заимствованного из закрытых оранжерей, не всегда оказывается успешным, так как несет на своей поверхности множество патогенных организмов, часть из которых может погибнуть при стерилизации, а часть сохранить свою активность (например, вирусы). Работа с апикальными точками роста отличается более кропотливым подходом. Нами будет продолжена работа по подбору материалов для стерилизации. Так как после очищения от почечных чешуй сами зародышевые листья мы не обрабатывали, возможно, и этот факт оказал неблагоприятный эффект. К сожалению, обработать зародышевые листья, не повредив их, очень сложно.

Поэтому в дальнейших исследованиях мы будем использовать для создания каллуса молодые листья *G. biloba*.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Согласно полученным данным, наиболее перспективными для размножения можно считать причерешковые

области листовой пластинки, где формирование каллусной ткани начинается уже со второй недели экспозиции эксплантов на питательной среде. Сформированный каллус слабо окрашен и не дифференцирован. Наиболее подходящие каллусы для изучения компонентного состава формируются из тканей молодых листьев с запозданием, в среднем на пять дней. Каллус более плотный насыщенного зеленого цвета.

Формирование коллекции из представителей редких растений, например, *G. biloba*, произрастающих не только на территории Среднего Урала и России, выступающих в качестве ценного фармакологического материала, играет важную роль как для развития соответствующих научных направлений, так и для ряда промышленных отраслей.

Благодарности (Acknowledgements)

Коллектив авторов благодарит коллег из Оранжерейного комплекса Ботанического сада УрО РАН за предоставление материала.

Библиографический список

- Christenhusz M., Reveal J., Farjon A., Gardner M. F., Mill R. R., Chase M. W. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms // *Phytotaxa*. 2011. Vol. 19. Pp. 55–70. DOI: 10.11646/phytotaxa.19.1.3.
- Golovneva L. B. Morphology and epidermal characters of *Ginkgo pilifera* Samyl. leaves and distribution of this species in the Late Cretaceous of Northern Asia // *Palaeobotany*. 2016. Vol. 7. Pp. 5–37. DOI: 10.31111/palaeobotany/2016.7.5.
- Cheng S., Zhang W., Sun N., Xu F., Li L., Liao Y., Cheng H. Production of Flavonoids and Terpene Lactones from Optimized *Ginkgo biloba*, Tissue Culture // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2014. Vol. 42. No. 1. Pp. 88–93. DOI: 10.15835/nbha4219393.
- Šmarda P., Horová L., Knápek O., et al. Multiple haploids, triploids, and tetraploids found in modern-day “living fossil” *Ginkgo biloba* // *Horticulture Research*. 2018. Vol. 5. Article number: 55. DOI: 10.1038/s41438-018-0055-9.
- Feng J., Shen Y., Shi F., Li C. Embryo Development, Seed Germination, and the Kind of Dormancy of *Ginkgo biloba* L. // *Forests*. 2018. Vol. 9. Article number: 700. DOI: 10.3390/f9110700.
- Tian F., Chen W., Fan G., Li T., Wu C., Kou X., Wu Z. Effect of *Ginkgo biloba* seed exopleura extract and chitosan coating on the postharvest quality of *Ginkgo* seed // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 99. Pp. 3124–3133. DOI: 10.1002/jsfa.9527.
- Теплицкая Л. М., Чмелева С. И., Бугара И. А., Бугара А. М. Особенности каллусогенеза в культуре вегетативных органов *Ginkgo biloba* L. // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2010. Вып. 101. С. 65–69
- Sukito A., Tachibana S., Itoh K. Callus Induction and Production of Bilobalide and Ginkgolides by Callus and Cell Suspension Cultures of *Ginkgo biloba* Leaves // *International Journal Sustainable Future for Human Security J-Sustain N*. 2016. Vol. 4. No. 1. Pp. 17–22. DOI: 10.24910/jsustain/4.1/1722.
- Bekhit M., Gomaa E., Ibrahim I., Nasr M. In vitro Studies on *Ginkgo biloba* L. 2-Factors affecting callus production and ginkgolide contents // *Journal of Productivity and Development*. 2008. Vol. 13. Pp. 457–478.
- Jeon M., Sung S., Jeon S., Huh H., Kim J., Kim Y. Cultures of *Ginkgo biloba* effect of nutritional and hormonal factors on the growth of cultured cells derived from *Ginkgo biloba* // *Archives of Pharmacal Research*. (1993). Vol. 16. Pp. 244–250. DOI: 10.1007/BF02974490.
- Misra A. N., Misra M. Sterilisation techniques in plant tissue culture. // In book: *Plant Tissue culture: totipotency to transgenic*. Chapter 3. Ranchi, India: Agrobios, 2012. Pp. 31–42. DOI: 10.13140/2.1.1622.5281.
- Sati P., Dhyani P., Bhatt I., Pandey A. *Ginkgo biloba* flavonoid glycosides in antimicrobial perspective with reference to extraction method // *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 2018. Vol. 9. Iss. 1. DOI: 10.1016/j.jtcme.2017.10.003.
- Nakanishi K., Habaguchi K. Biosynthesis of ginkgolide B, its diterpenoid nature, and origin of the tert-butyl group // *Journal of the American Chemical Society*. 1971. Vol. 93 (14). Pp. 3546–3547. DOI: 10.1021/ja00743a052.
- Isah T. Rethinking *Ginkgo biloba* L.: Medicinal uses and conservation // *Pharmacognosy Reviews*. 2015. Vol. 9. P. 140. DOI: 10.4103/0973-7847.162137.
- Wang H., Wu X., Lezmi S., Li Q., Helferich W., Xu Y. Extract of *Ginkgo biloba* exacerbates liver metastasis in a mouse colon cancer Xenograft model // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2017. Vol. 17(1). Article number: 516. DOI: 10.1186/s12906-017-2014-7.
- Guzel N., Sayit E., Aynaci O., Kerimoglu S., Yulug E., Topbas M. *Ginkgo Biloba* improves bone formation during fracture healing: an experimental study in rats // *Acta Orthopédica Brasileira*. 2017. Vol. 25. Pp. 95–98. DOI: 10.1590/1413-785220172503156966.
- Tian J., Shi J., Wei M., Ni J., Fang Z., Gao J., Wang H., Yao H., Zhang J., Li J., Min M., Su L., Sun X., Wang B., Wang B., Yang F., Zou Y., Hu Y., Lin Y., Wang Y. Chinese herbal medicine Qinggongshoutao for the treatment of amnesic mild cognitive impairment: A 52-week randomized controlled trial // *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions*. 2019. Vol. 5. Pp. 441–449. DOI: 10.1016/j.trci.2019.03.001.
- Jian G., Mingyang K., Yingying H., Tuo Z., Hui J., Chunyang K. Ginkgolides B alleviates hypoxia-induced PC-12 cell injury by up-regulation of PLK1 // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019. Vol. 115. P. 108885. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.108885.
- Zhao-Ma Shu, Xiao-Dong Shu, Hui-Qin Li, Yi Sun, Han Shan, Xi-Yang Sun, Ren-Hong Du, Ming Lu, Ming Xiao, Jian-Hua Ding, Gang Hu, Ginkgolide B protects against ischemic stroke via modulating microglia polarization in mice, *CNS Neuroscience & Therapeutics*. 2016 Sep; 22(9): 729–739. DOI: 10.1111/cns.12577.
- DeFeudis F., Drieu K. *Ginkgo Biloba* Extract (EGb 761) and CNS Functions: Basic Studies and Clinical Applications // *Current drug targets*. 2000. Vol. 1. Pp. 25–58. DOI: 10.2174/1389450003349380.

21. Hatano K., Miyakawa T., Sawano Y., Tanokura M., Victor R., Reedy V. R., et al. Antifungal and lipid transfer proteins from Ginkgo (*Ginkgo biloba*) Seeds // In: Reedy V. R., Watson R. R., Patel V. B., editors. Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention. United Kingdom: Elsevier Inc., 2011. Pp. 528–534. DOI: 10.1016/B978-0-12-375688-6.10063-5.
22. Van Beek, Teris Montoro, Paola. (2009). Chemical analysis and quality control of Ginkgo biloba leaves, extracts, and phytopharmaceuticals. Journal of chromatography. A. 2009 Mar 13;1216(11):2002-32. DOI: 10.1016/j.chroma.2009.01.013.
23. Zhou M., Hua T., Ma X., Xu L. Protein content and amino acids profile in 10 cultivars of ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) nut from China // Royal Society Open Science. 2019. Vol. 6. P. 181571. DOI: 10.1098/rsos.181571.
24. Carrier D. J., Cosentino G., Neufeld R., Rho D., Weber M., Archambault J. Nutritional and hormonal requirements of *Ginkgo biloba* embryo-derived callus and suspension cell culture // Plant Cell Reports. 1990. Vol. 8 (11). Pp. 635–638. DOI: 10.1007/BF00269981.
25. Efferth T. Biotechnology Applications of Plant Callus Cultures // Engineering. 2018. Vol. 5. Iss. 1. DOI: 10.1016/j.eng.2018.11.006.
26. Alamgir A. N. M. Biotechnology, In Vitro Production of Natural Bioactive Compounds, Herbal Preparation, and Disease Management (Treatment and Prevention) // Therapeutic Use of Medicinal Plants and their Extracts. 2018. Vol. 74. Pp. 585–664. DOI: 10.1007/978-3-319-92387-1_7.

Об авторах:

Варвара Александровна Бессонова¹, старший инженер лаборатории популяционной биологии древесных растений и динамики леса, ORCID 0000-0002-9433-169X, AuthorID 1079770; +7 922 144-53-29, bessonova-varechka@mail.ru

Ольга Евгеньевна Черепанова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории популяционной биологии древесных растений и динамики леса, ORCID 0000-0001-7775-6488, AuthorID 736817; botgarden.olga@gmail.com

¹ Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Introduction to in vitro culture of *Ginkgo biloba* (Linnaeus, 1771)

V. A. Bessonova¹✉, O. E. Cherepanova¹

¹ Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: bessonova-varechka@mail.ru

Abstract. The purpose of this research was to introduce *Ginkgo biloba* into culture, to study the composition and properties of its biologically active compounds. **Methods.** We researched the optimal growth conditions for obtaining a viable tissue culture, such as: concentration of phytohormones and other organic and nonorganic substances in Murashige – Skoog medium and light hours. The effectiveness of the standard method of sodium hypochloride sterilization of young leaves and vegetative buds also was verified. **As a result,** of conducting the experiment we were able to grow a living callus from leaves of *G. biloba*. Based on this result we can conclude that these conditions are acceptable for high proliferative activity of the plant. We were studied the effect of phytohormones NAA, at a concentration of 0.5 ml and 6-BAP, at a concentration of 2.5 ml. Also, was selected the ideal planting material for callus production – young leaves that were more sensitive to treatment with hypochloride. This research serves as the foundation for future research not only for our laboratory, but also for other research groups. **Scientific novelty.** The callus can be used to clone specimens of *G. biloba* in greenhouses. It will be used to extract and study unique chemical compounds, such as ginkgolides, bilobalides and various terpenes, contained in the extract of plants of this group.

Keywords: *Ginkgo biloba*, callus *Ginkgo biloba*, concentration of phytohormones, sterilization of *Ginkgo biloba*, Egb 761, ginkgolides, plant regeneration, secondary metabolites.

For citation: Bessonova V. A., Cherepanova O. E. Vvedenie v kul'turu in vitro *Ginkgo biloba* (Linnaeus, 1771) [Introduction to in vitro culture of *Ginkgo biloba* (Linnaeus, 1771)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 43–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-43-49. (In Russian.)

Paper submitted: 18.05.2020.

References

- Christenhusz M., Reveal J., Farjon A., Gardner M. F., Mill R. R., Chase M. W. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms // Phytotaxa. 2011. Vol. 19. Pp. 55–70. DOI: 10.11646/phytotaxa.19.1.3.
- Golovneva L. B. Morphology and epidermal characters of *Ginkgo piliifera* Samyl. leaves and distribution of this species in the Late Cretaceous of Northern Asia // Palaeobotany. 2016. Vol. 7. Pp. 5–37. DOI: 10.31111/palaeobotany/2016.7.5.
- Cheng S., Zhang W., Sun N., Xu F., Li L., Liao Y., Cheng H. Production of Flavonoids and Terpene Lactones from Optimized *Ginkgo biloba*, Tissue Culture // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2014. Vol. 42. No. 1. Pp. 88–93. DOI: 10.15835/nbha4219393.
- Šmarda P., Horová L., Knápek O., et al. Multiple haploids, triploids, and tetraploids found in modern-day “living fossil” *Ginkgo biloba* // Horticulture Research. 2018. Vol. 5. Article number: 55. DOI: 10.1038/s41438-018-0055-9.

5. Feng J., Shen Y., Shi F., Li C. Embryo Development, Seed Germination, and the Kind of Dormancy of Ginkgo biloba L. // *Forests*. 2018. Vol. 9. Article number: 700. DOI: 10.3390/f9110700.
6. Tian F., Chen W., Fan G., Li T., Wu C., Kou X., Wu Z. Effect of Ginkgo biloba seed exopleura extract and chitosan coating on the postharvest quality of Ginkgo seed // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 99. Pp. 3124-3133. DOI: 10.1002/jsfa.9527.
7. Teplitskaya L. M., Chmeleva S. I., Bugara I. A., Bugara A. M. Osobennosti kallusogeneza v kul'ture vegetativnykh organov Ginkgo biloba L. [Features of callusogenesis in the culture of vegetative organs of Ginkgo biloba] // *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2010. Vol. 101. Pp. 65–69. (In Russian.)
8. Sukito A., Tachibana S., Itoh K. Callus Induction and Production of Bilobalide and Ginkgolides by Callus and Cell Suspension Cultures of Ginkgo biloba Leaves // *International Journal Sustainable Future for Human Security J-Sustain N*. 2016. Vol. 4. No. 1. Pp. 17–22. DOI: 10.24910/jsustain/4.1/1722.
9. Bekhit M., Gomaa E., Ibrahim I., Nasr M. In vitro Studies on Ginkgo biloba L. 2-Factors affecting callus production and ginkgolide contents // *Journal of Productivity and Development*. 2008. Vol. 13. Pp. 457–478.
10. Jeon M., Sung S., Jeon S., Huh H., Kim J., Kim Y. Cultures of Ginkgo biloba effect of nutritional and hormonal factors on the growth of cultured cells derived from Ginkgo biloba // *Archives of Pharmacal Research*. (1993). Vol. 16. Pp. 244–250. DOI: 10.1007/BF02974490.
11. Misra A. N., Misra M. Sterilisation techniques in plant tissue culture. // In book: *Plant Tissue culture: totipotency to transgenic*. Chapter 3. Ranchi, India: Agrobios, 2012. Pp. 31–42. DOI: 10.13140/2.1.1622.5281.
12. Sati P., Dhyani P., Bhatt I., Pandey A. Ginkgo biloba flavonoid glycosides in antimicrobial perspective with reference to extraction method // *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 2018. Vol. 9. Iss. 1. DOI: 10.1016/j.jtcme.2017.10.003.
13. Nakanishi K., Habaguchi K. Biosynthesis of ginkgolide B, its diterpenoid nature, and origin of the tert-butyl group // *Journal of the American Chemical Society*. 1971. Vol. 93 (14). Pp. 3546–3547. DOI: 10.1021/ja00743a052.
14. Isah T. Rethinking Ginkgo biloba L.: Medicinal uses and conservation // *Pharmacognosy Reviews*. 2015. Vol. 9. P. 140. DOI: 10.4103/0973-7847.162137.
15. Wang H., Wu X., Lezmi S., Li Q., Helferich W., Xu Y. Extract of Ginkgo biloba exacerbates liver metastasis in a mouse colon cancer Xenograft model // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2017. Vol. 17(1). Article number: 516. DOI: 10.1186/s12906-017-2014-7.
16. Guzel N., Sayit E., Aynaci O., Kerimoglu S., Yulug E., Topbas M. Ginkgo Biloba improves bone formation during fracture healing: an experimental study in rats // *Acta Ortopedica Brasileira*. 2017. Vol. 25. Pp. 95–98. DOI: 10.1590/1413-785220172503156966.
17. Tian J., Shi J., Wei M., Ni J., Fang Z., Gao J., Wang H., Yao H., Zhang J., Li J., Min M., Su L., Sun X., Wang B., Wang B., Yang F., Zou Y., Hu Y., Lin Y., Wang Y. Chinese herbal medicine Qinggongshoutao for the treatment of amnesic mild cognitive impairment: A 52-week randomized controlled trial // *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions*. 2019. Vol. 5. Pp. 441–449. DOI: 10.1016/j.trci.2019.03.001.
18. Jian G., Mingyang K., Yingying H., Tuo Z., Hui J., Chunyang K. Ginkgolides B alleviates hypoxia-induced PC-12 cell injury by up-regulation of PLK1 // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019. Vol. 115. P. 108885. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.108885.
19. Zhao-Ma Shu, Xiao-Dong Shu, Hui-Qin Li, Yi Sun, Han Shan, Xi-Yang Sun, Ren-Hong Du, Ming Lu, Ming Xiao, Jian-Hua Ding, Gang Hu, Ginkgolide B protects against ischemic stroke via modulating microglia polarization in mice, *CNS Neuroscience & Therapeutics*. 2016 Sep; 22(9): 729–739. DOI: 10.1111/cns.12577.
20. DeFeudis F., Drieu K. Ginkgo Biloba Extract (EGb 761) and CNS Functions: Basic Studies and Clinical Applications // *Current drug targets*. 2000. Vol. 1. Pp. 25–58. DOI: 10.2174/1389450003349380.
21. Hatano K., Miyakawa T., Sawano Y., Tanokura M., Victor R., Reedy V. R., et al. Antifungal and lipid transfer proteins from Ginkgo (Ginkgo biloba) Seeds // In: Reedy V. R., Watson R. R., Patel V. B., editors. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. United Kingdom: Elsevier Inc., 2011. Pp. 528–534. DOI: 10.1016/B978-0-12-375688-6.10063-5.
22. Van Beek, Teris Montoro, Paola. (2009). Chemical analysis and quality control of Ginkgo biloba leaves, extracts, and phytopharmaceuticals. *Journal of chromatography. A*. 2009 Mar 13;1216(11):2002-32. DOI: 10.1016/j.chroma.2009.01.013.
23. Zhou M., Hua T., Ma X., Xu L. Protein content and amino acids profile in 10 cultivars of ginkgo (Ginkgo biloba L.) nut from China // *Royal Society Open Science*. 2019. Vol. 6. P. 181571. DOI: 10.1098/rsos.181571.
24. Carrier D. J., Cosentino G., Neufeld R., Rho D., Weber M., Archambault J. Nutritional and hormonal requirements of Ginkgo biloba embryo-derived callus and suspension cell culture // *Plant Cell Reports*. 1990. Vol. 8 (11). Pp. 635–638. DOI: 10.1007/BF00269981.
25. Efferth T. Biotechnology Applications of Plant Callus Cultures // *Engineering*. 2018. Vol. 5. Iss. 1. DOI: 10.1016/j.eng.2018.11.006.
26. Alamgir A. N. M. Biotechnology, In Vitro Production of Natural Bioactive Compounds, Herbal Preparation, and Disease Management (Treatment and Prevention) // *Therapeutic Use of Medicinal Plants and their Extracts*. 2018. Vol. 74. Pp. 585–664. DOI: 10.1007/978-3-319-92387-1_7.

Authors' information:

Varvara A. Bessonova¹, senior engineer of the laboratory of population biology of woody plants and forest dynamics, ORCID 0000-0002-9433-169X, AuthorID 1079770; +7 922 144-53-29, bessonova-varechka@mail.ru

Olga E. Cherepanova¹, candidate of biological sciences, senior researcher of the laboratory of population biology of woody plants and forest dynamics, ORCID 0000-0001-7775-6488, AuthorID 736817; botgarden.olga@gmail.com

¹ Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Земляника садовая: оценка отечественного сортимента и направления селекции

Л. А. Марченко¹✉

¹ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

✉ E-mail: Lamarch@yandex.ru

Аннотация. Цель. Цель исследований – оценка сортов земляники садовой, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации в 2020 г. для выявления перспективных направлений селекции культуры. **Методы.** Применен аналитический метод в оценке сортов по срокам включения их в Госреестр, по срокам созревания, признакам адаптации и продуктивности. **Результаты.** Анализ существующего сортимента позволяет заключить, что из 88 сортов короткого дня наибольшее разнообразие представлено в Центральном (33 сорта), Северо-Кавказском (28 сортов), Волго-Вятском (25 сортов), Западно-Сибирском (25 сортов) регионах. Основная доля сортов приходится на отечественную селекцию. Основой промышленного сортимента по-прежнему являются сорта короткого дня (обычного типа плодоношения). Большая часть сортов (56) относится к среднему сроку созревания. Ранним сроком созревания характеризуется 19 сортов, поздним – 13 сортов. Для большинства зон отечественного ягодоводства лимитирующим фактором выращивания культуры земляники остается зимостойкость. Наибольшей устойчивостью к повреждающим факторам зимнего периода обладают лишь 9,1 % сортов (районированы более чем в пяти регионах). В южных регионах к важным признакам адаптивности сортов относят засухоустойчивость и жаровыносливость. Способность сортов земляники противостоять наиболее распространенным заболеваниям, наносящим экономический ущерб культуре, по-прежнему является важной составляющей при выведении сортов и основным путём получения качественной продукции. Проведенный анализ выявил, что по-прежнему актуальной остается задача создания сортов раннего и позднего сроков созревания. На современном этапе решение задачи по повышению качественных характеристик ягод земляники в соответствии с требованиями рынка является приоритетной для формирования конкурентоспособного сортимента. **Научная новизна.** На основе сравнительного анализа сортов земляники садовой, включенных в Госреестр, а также достижений селекции культуры на современном этапе в России и за рубежом выявлены направления для возможного совершенствования отечественного сортимента.

Ключевые слова: земляника садовая, сортимент, сорт, селекция.

Для цитирования: Марченко Л. А. Земляника садовая: оценка отечественного сортимента и направления селекции // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 50–60. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-50-60.

Дата поступления статьи: 06.08.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Земляника садовая является одной из ведущих ягодных культур для промышленного возделывания во многих странах.

Большая популярность культуры обусловлена ее достоинствами: высокая рентабельность ее возделывания, десертный вкус и большая питательная ценность ягод. В ягодах земляники содержится до 10 % сахаров, 1,3 % органических кислот, 120 мг % витамина С, 750 мг % Р-активных веществ, 5 мг % витамина В9 (фолиевой кислоты), а также калий, кальций, фосфор, магний, кремний, медь, железо [1, с. 7], [2, с. 222].

По данным FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the Nations) за 2018 г., в десятку крупнейших производителей плодов земляники входят Китай (2,9 млн т), США (1,3 млн т), Мексика (0,6 млн т), Турция (0,4 млн т), Египет (0,4 млн т), Испания (0,3 млн т), Корея (0,2 млн т), Россия (0,2 млн т), Польша (0,2 млн т), Япония (0,2 млн т) [3].

Российская Федерация, имея все необходимые ресурсы для возделывания земляники садовой, может значительно увеличить производство культуры и занять лидирующие позиции.

Сортимент земляники садовой, рекомендуемый для промышленного возделывания на территории России, включает на 2020 год 104 сорта. Такое разнообразие обусловлено как различными почвенно-климатическими условиями, так и недостатком сортов, совмещающих в себе высокий уровень признаков адаптивности, продуктивности и качественных показателей ягод, которые на современном этапе предъявляют производители и потребители.

За последние годы в связи с активным развитием интенсивных технологий возделывания земляники садовой возник значительный интерес производителей к зарубежным промышленным сортам.

Для развития отечественного ягодоводства необходимо сохранять конкурентное преимущество отечественных сортов и своевременно актуализировать селекционные программы.

Методология и методы исследования (Methods)

Цель исследований – оценка сортов земляники садовой, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации в 2020 г. (далее – Госреестр) для выявления перспективных направлений селекции культуры.

Объектом исследования являлся сортимент земляники садовой, включенный в Госреестр [4].

Приведен сравнительный анализ сортов по срокам включения их в Госреестр, срокам созревания, признакам адаптации и продуктивности.

На основе сравнительного анализа сортов земляники садовой, включенных в Госреестр, а также достижений селекции культуры на современном этапе в России и за рубежом выявлены направления для возможного совершенствования отечественного сортимента.

Результаты (Results)

Анализ существующего сортимента земляники садовой, вошедшего в Госреестр на 2020 год, позволяет заключить, что из 88 сортов короткого дня [4] наибольшее разнообразие их представлено в Центральном (33 сорта), Северо-Кавказском (28 сортов), Волго-Вятском (25 сортов), Западно-Сибирском (25 сортов) регионах (рис. 1).

Основная доля сортов приходится на отечественную селекцию (71 сорт, из них: 16 – раннего срока созревания, 47 – среднего и 8 – позднего (рис. 2).

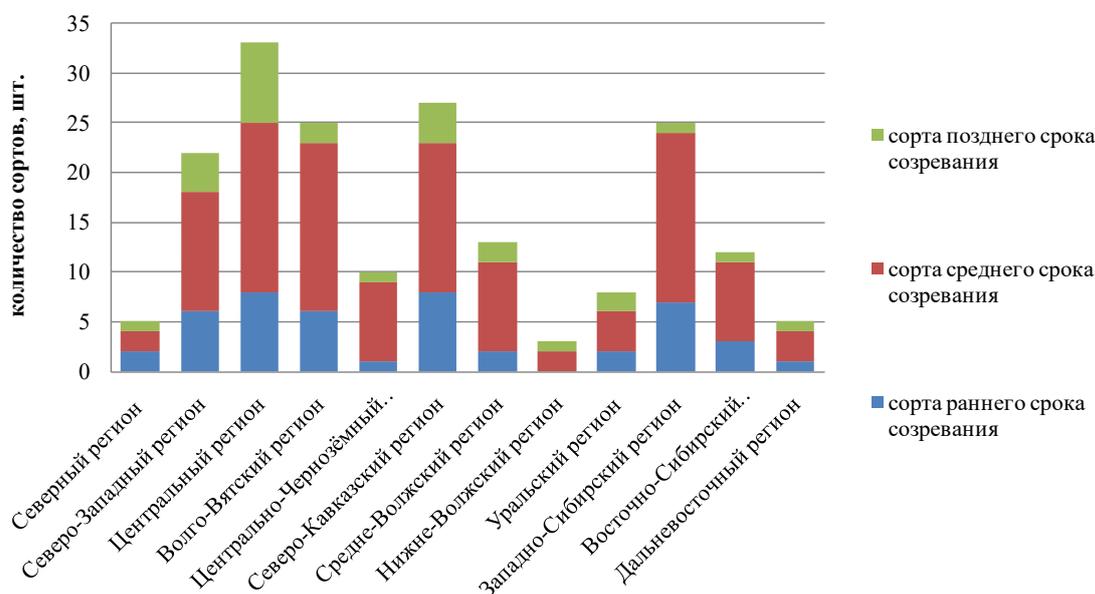


Рис. 1. Количество и распределение сортов по срокам плодоношения в регионах Российской Федерации

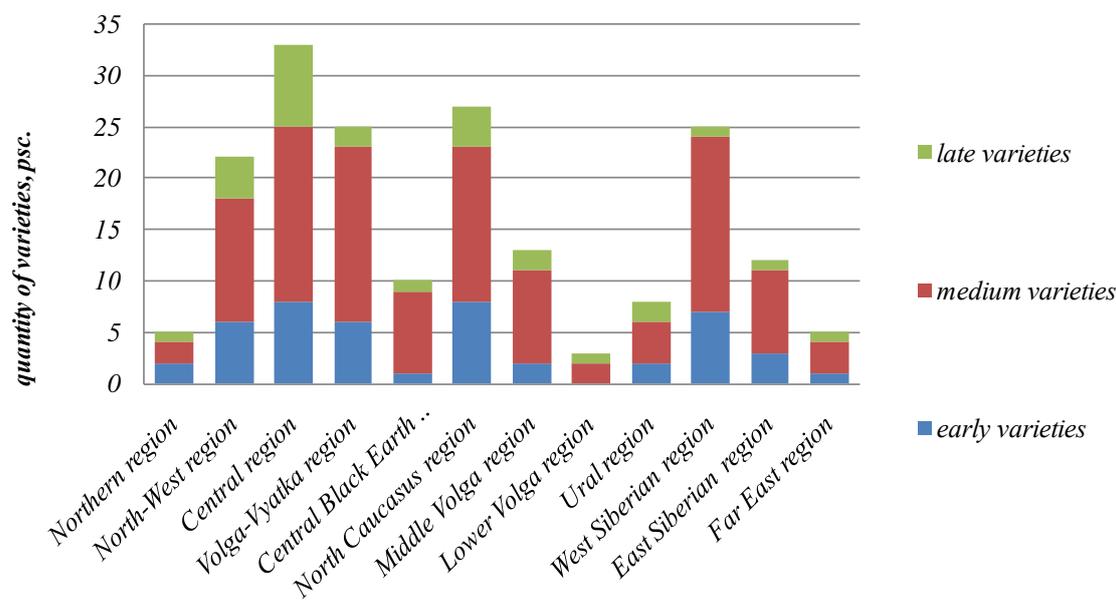


Fig. 1. The number and distribution of varieties by fruiting period in the regions of the Russian Federation

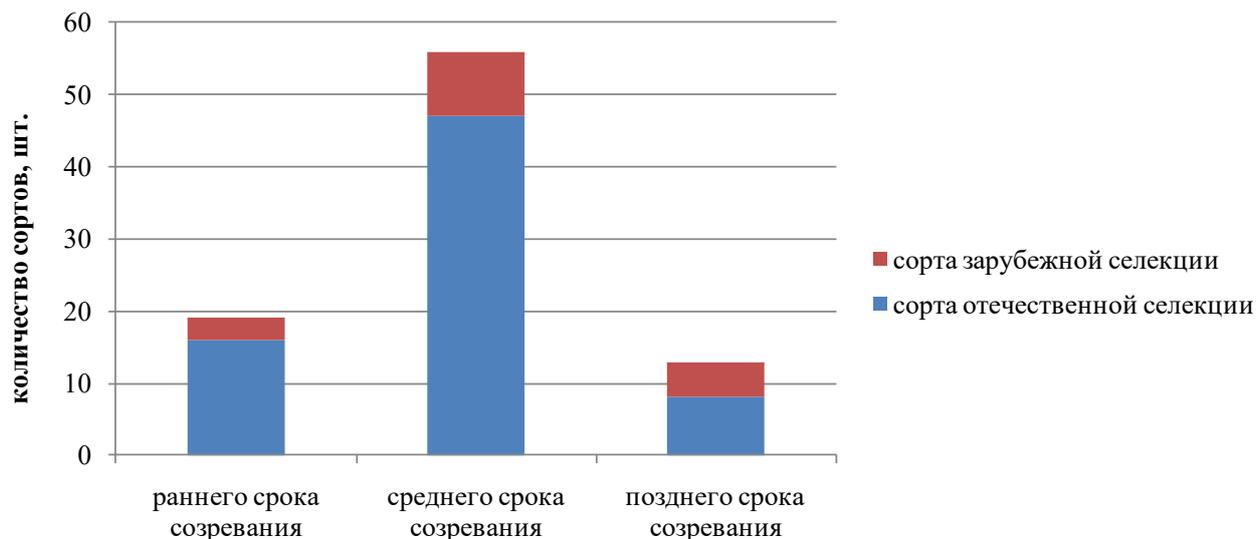


Рис. 2. Количество сортов земляники садовой отечественной и зарубежной селекции в Госреестре по состоянию на 2020 год

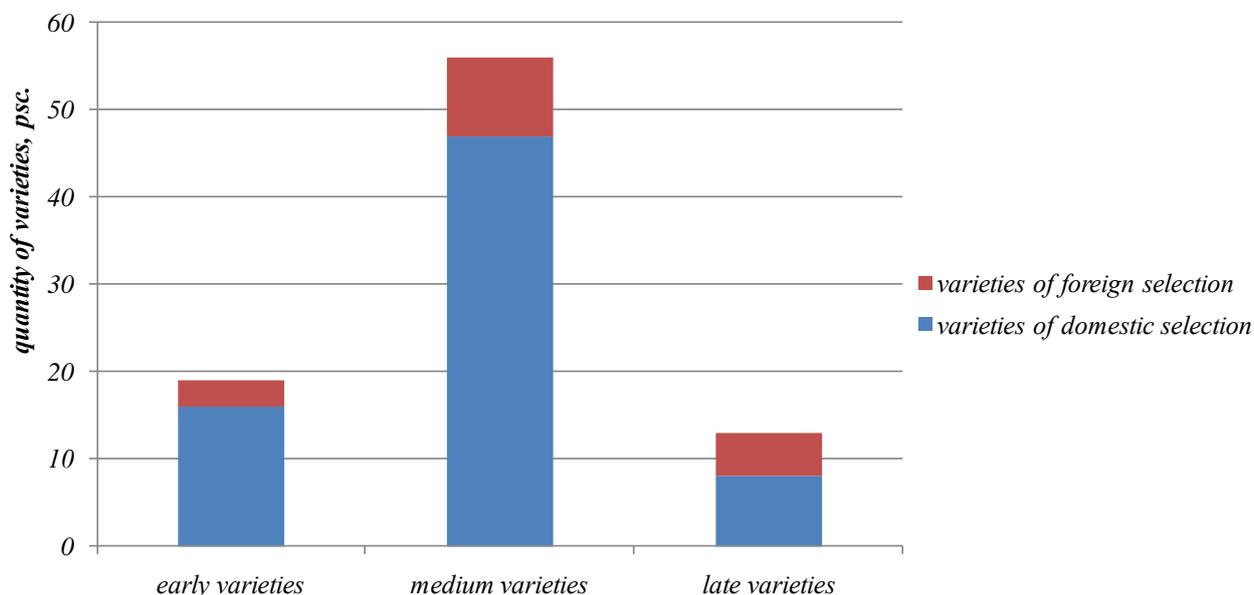


Fig. 2. The number of strawberry varieties of domestic and foreign selection in the State register as of 2020

Ремонтантные сорта земляники (16 сортов) стали включаться в Госреестр относительно недавно (основная масса – с 2000-х гг.). Предназначены они для всех почвенно-климатических зон возделывания, однако в промышленном производстве земляники в России не занимают лидирующего положения. Основой промышленного ассортимента по-прежнему являются сорта короткого дня.

Госреестр ежегодно обновляется и дополняется. Вместе с тем он включает и сорта, полученные в середине прошлого века: Красавица Загорья – 1959 г.; Вымпел, Выставочная, Южанка, Фестивальная – 1965 г.; Зенга Зенгана – 1972 г.; Заря – 1974 г.; Краснаярка, Огонек, Щедрая – 1979 г. (рис. 3).

Среди них наибольшее распространение имеют сорта Зенга Зенгана и Фестивальная, подтвердившие свое коммерческое значение на протяжении многих лет выращивания в различных регионах России.

Оценивая сегодняшний сортимент земляники короткого дня по срокам созревания, можно заключить, что основная масса сортов (56) относится к среднему сроку созревания. Среди них можно выделить три группы: среднеранние (20 сортов), средние (27 сортов), средне-поздние (9 сортов). Ранним сроком созревания характеризуются 19 сортов, поздним – 13 сортов (рис. 4).

Особенности каждой из почвенно-климатических зон возделывания земляники садовой накладывают свой отпечаток на формирование сортимента. Пластичность культуры позволяет иметь достаточное разнообразие сортов практически в каждой из зон.

Все сорта, включенные в Госреестр, характеризуются достаточной степенью адаптации для зон районирования. Вместе с тем лишь 9,1 % сортов (Заря, Зенга Зенгана, Золушка, Красавица Загорья, Надежда, Орлец, Рубиновый Кулон, Фестивальная) районированы более чем в пяти регионах, основная доля сортов (76,1 %) – не более чем

в двух регионах. Данные свидетельствуют, что селекция земляники направлена в первую очередь на расширение сортимента для конкретной зоны. Вместе с тем сорта, имеющие широкое распространение, подтвердили высокую степень адаптивности. Необходимо отметить, что сложившийся промышленный сортимент для открытого грунта начал формироваться еще в первой половине XX века, когда в основе было экстенсивное производство и адаптивность сортов имела первостепенное значение при их широком внедрении. Следует подчеркнуть тот факт, что широко распространенные сорта (Заря, Зенга Зенгана, Золушка, Красавица Загорья, Надежда, Орлец, Рубиновый Кулон, Фестивальная) были включены в Госреестр в более ранние сроки и объективно имели достаточное время для прохождения экологических испытаний [4].

К основным признакам адаптивности земляники садовой, имеющих большое значение при построении селекционных программ относят зимостойкость, засухоустойчивость, жаровыносливость, устойчивость патогенам (наиболее распространенные болезни и вредители) [5, с. 399–409].

В большинстве зон отечественного ягодоводства лимитирующим фактором выращивания культуры земляники остается зимостойкость. Понятие зимостойкости у земляники включает группу самостоятельных признаков, обусловленных генотипом конкретного сорта, обеспечивающих устойчивость к комплексу повреждающих факторов зимнего периода: низкие отрицательные температуры без снега или при незначительном снежном покрове, так называемые «черные зимы»; перепады температур в зимний период и продолжительные оттепели, приводящие к «ледяной корке»; массивный снежный покров и затяжная весна, являющиеся причиной физиологического истощения растений [6, с. 33], [7, с. 13].

Основным методом повышения зимостойкости земляники является вовлечение в скрещивания зимостойких сортов, для выявления которых большое значение имеет сортоизучение в контрастных климатических условиях, а также использование искусственного промораживания с моделированием различных температурных режимов.

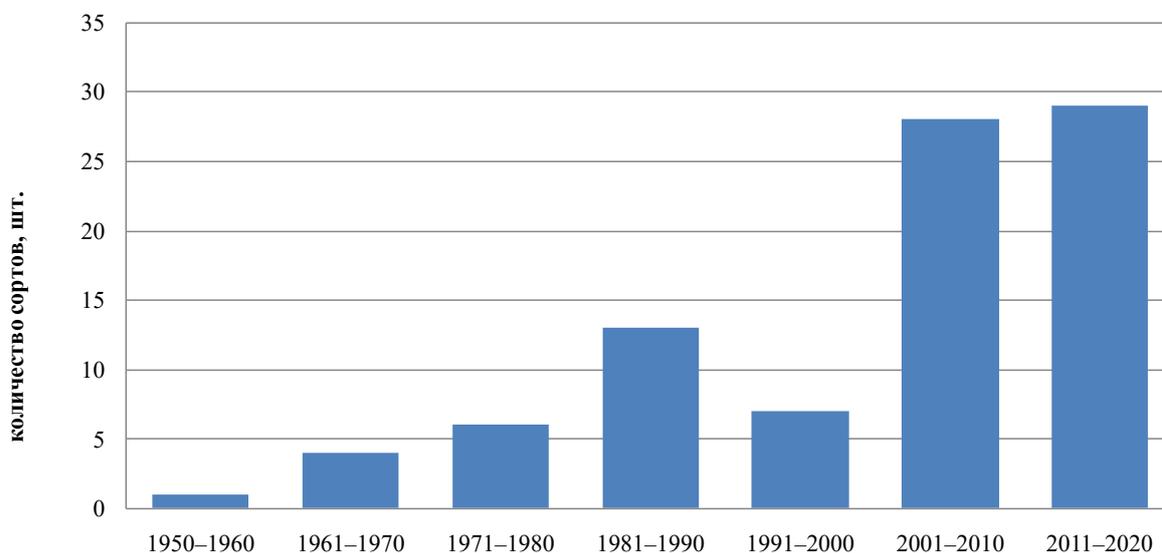


Рис. 3. Количество сортов земляники, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, по годам

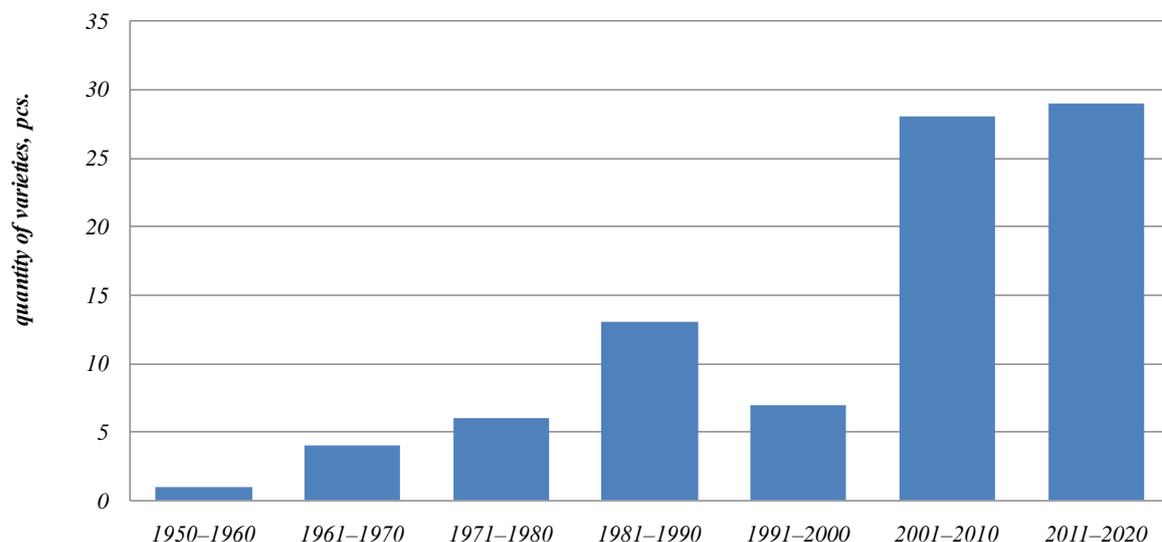


Fig. 3. The number of strawberry varieties included in the State register of selection achievements approved for use in the Russian Federation by year

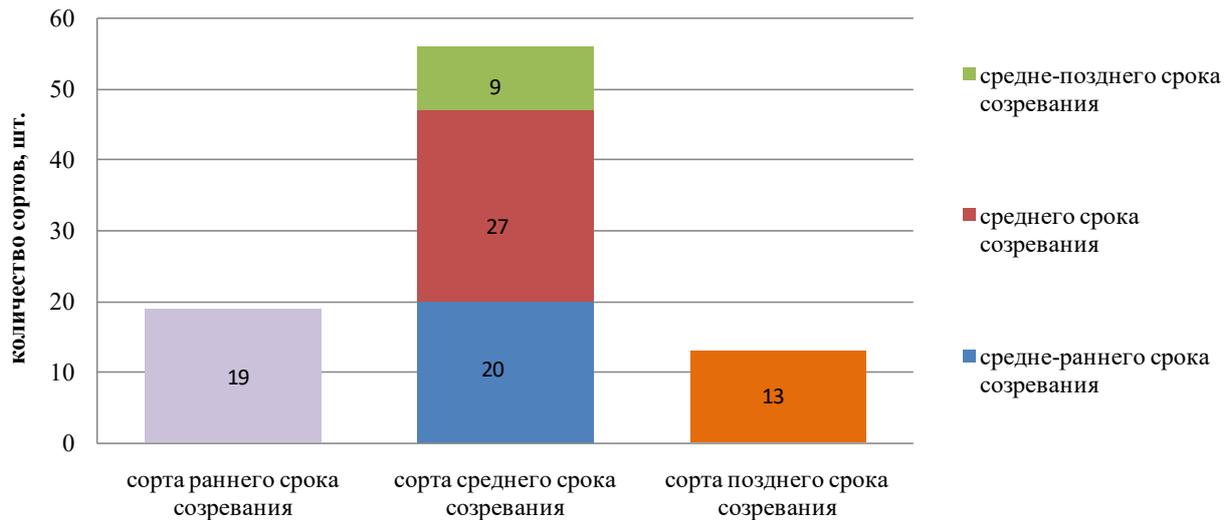


Рис. 4. Распределение сортов по срокам созревания

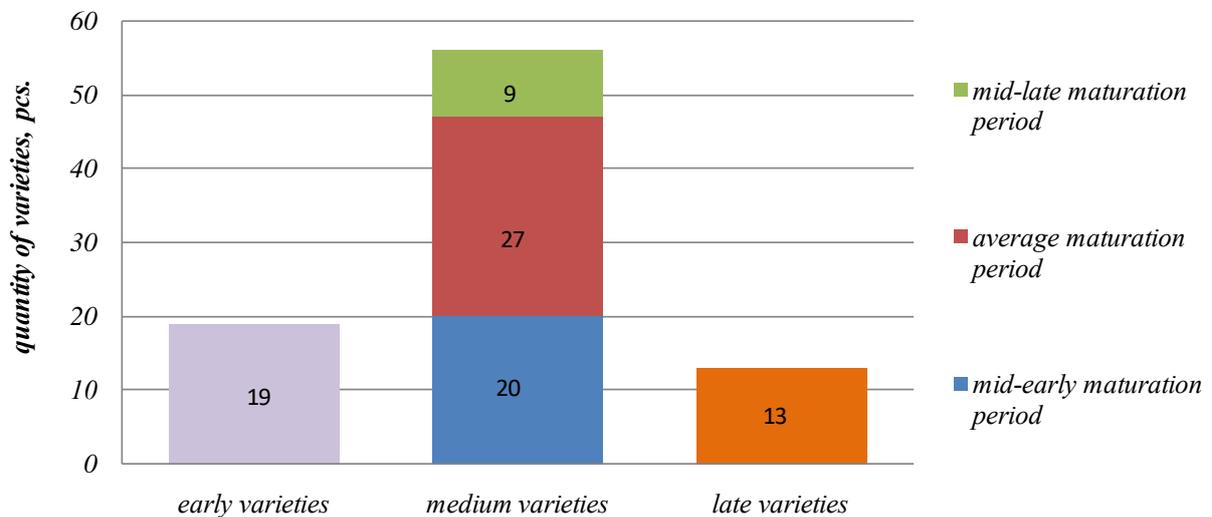


Fig. 4. Allocation of varieties by maturation period

Из отечественных сортов земляники короткого дня, включенных в Госреестр, высокой зимостойкостью в условиях зоны районирования обладают Анна, Балба, Богема, Виола, Витязь, Гейзер, Гера, Даренка, Дивная, Дуэт, Забелинская, Залучевская, Зенит, Золушка, Красавица Загорья, Красноярка, Крымская Ранняя, Крымчанка 87, Ксанор, Кубата, Луч ВИРа, Марма, Надежда, Огонек, Омская Ранняя, Онега, Памяти Зубова, Росинка, Русич, Руслан, Солнечная Полянка, Сударушка, Торос, Троицкая, Фестивальная, Хибинская Красавица, Царскосельская, Эстафета [4].

Частично проблему сохранения растений земляники от воздействия низких отрицательных температур решают современные технологии. Их использование дало возможность ряду сортов зарубежной селекции, не обладающих высокой степенью устойчивости к зимним повреждающим факторам, занять лидирующие позиции в производственных насаждениях (Полка, Эльсанта, Вима Ксима, Вима Кимберли, Хоней, Мармолада, Флоренс, НФ 311, НФ 205 и др.) [8, с. 27, 29], [9, с. 45–46], [10, с. 133–134].

В южных регионах к важным признакам адаптивности сортов относят засухоустойчивость и жаровыносливость [8, с. 49], [10, с. 133–134], [11, с. 39–40], [12, с. 32–33].

Отечественные сорта земляники короткого дня Берегиня, Богема, Вымпел, Дивная, Дуэт, Крымчанка 87, Кубата, Нелли, Онега, Памяти Зубова, Росинка, Таира, Царица характеризуются высокой засухоустойчивостью. Сорта Балба, Барабинская, Берегиня, Крымчанка 87, Ксанор, Марма, Нелли, Онега, Памяти Зубова, Рикла, Росинка, Таира, Царица, Юниол обладают высокой жаростойкостью [4].

С развитием технологий возделывания и интенсификацией производства остроту проблемы засухоустойчивости удалось снизить за счет применения капельного орошения. Устойчивость к перегреванию (жаровыносливость) по-прежнему остается селекционной задачей [11, с. 39], [12, с. 32–33], [13, с. 424–425].

Способность сортов земляники противостоять наиболее распространенным заболеваниям (фитофторозы, вертициллезы, серая гниль, мучнистая роса и пятнистости листьев), наносящим экономический ущерб культуре, является важной составляющей селекционных программ [5, с. 404–408], [14, с. 7–12], [15, с. 69–74].

Полевой устойчивостью к комплексу заболеваний по данным Госреестра характеризуются сорта отечественной селекции Аленушка, Анастасия, Берегиня, Богема, Витязь,

Гера, Дуэт, Забелинская, Залучевская, Зенит, Золушка, Кубата, Надежда, Нелли, Омская Ранняя, Орлец, Памяти Зубова, Первоклассница, Ранняя Плотная, Таира, Урожайная ЦГЛ, Фейерверк, Фея, Хибинская Красавица, Щедрая [4].

Учитывая скорость возникновения новых штаммов болезнетворных организмов, их распространения с завозом посадочного материала из очагов заражения, а также особенности культуры земляники садовой, не позволяющие применять широкий спектр средств защиты растений (короткий цикл от начала вегетации до плодоношения, основное потребление продукции в свежем виде), можно заключить, что создание устойчивых к патогенам сортов – основной путь получения качественной продукции этой культуры [16, с. 47–48], [17, с. 137], [18, с. 209–210].

Использование доноров и источников высокой устойчивости к болезням в сочетании с направленным селекционным процессом, применением лабораторных и инструментальных методов ускорения селекции (искусственное заражение, ПЦР-диагностика, ДНК-маркирование генов устойчивости и т. п.) позволяет получать сорта, сочетающие высокий уровень устойчивости к комплексу болезней с другими признаками адаптивности [13, с. 395, с. 404–409], [17, с. 137], [19, с. 151–152].

Примером сохранения промышленного выращивания культуры земляники в Нечерноземной зоне служит создание в конце XX века ряда сортов, устойчивых к вертициллезному (*Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth.) увяданию группой селекционеров под руководством доктора наук, профессора И. В. Поповой. Вилтоустойчивые сорта Зенит, Золушка, Эстафета, Надежда, Боровицкая, Троицкая, Кубата и др. до настоящего времени входят в Госреестр [18, с. 210].

Основной задачей создания высокоадаптивных сортов является исключение влияния отрицательного воздействия лимитирующих факторов на растения для возможно полного проявления и реализации их биологического потенциала продуктивности. Совершенствование сортимен-та земляники в итоге направлено на совмещение в одном генотипе высокого уровня признаков адаптивности, продуктивности и качества получаемой продукции [7, с. 26], [13, с. 399, 413], [20, с. 233], [21, с. 145–150], [22, с. 903–905]. Факт включения в Госреестр 57 сортов (64,8 %) земляники короткого дня за последние 20 лет свидетельствует о высоких темпах повышения продуктивности культуры. Современные сорта отечественной селекции для промышленного возделывания имеют конкурентное преимущество по урожайности [7, с. 29], [9, с. 133–134], [10, с. 8], [20, с. 239], [23, с. 215].

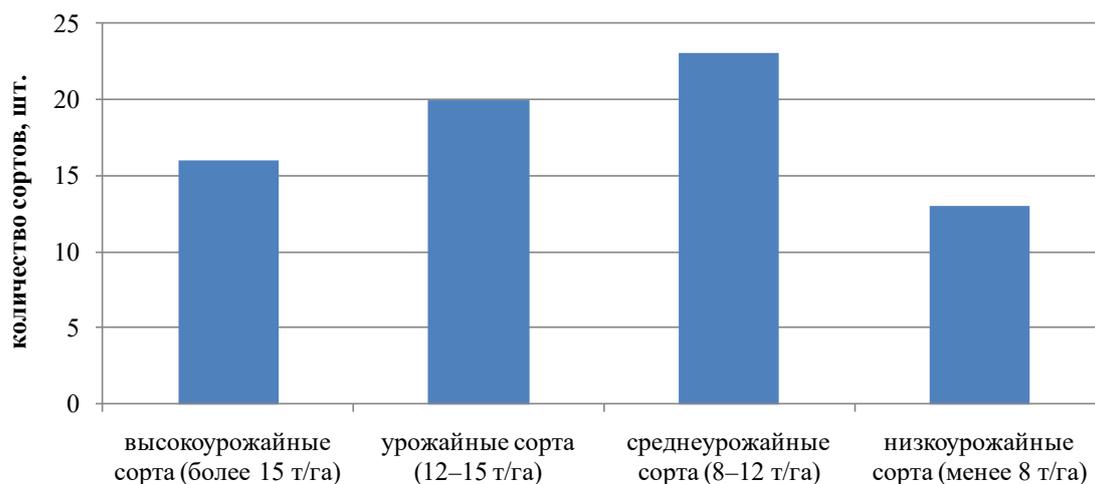


Рис. 5. Распределение сортов отечественной селекции по урожайности

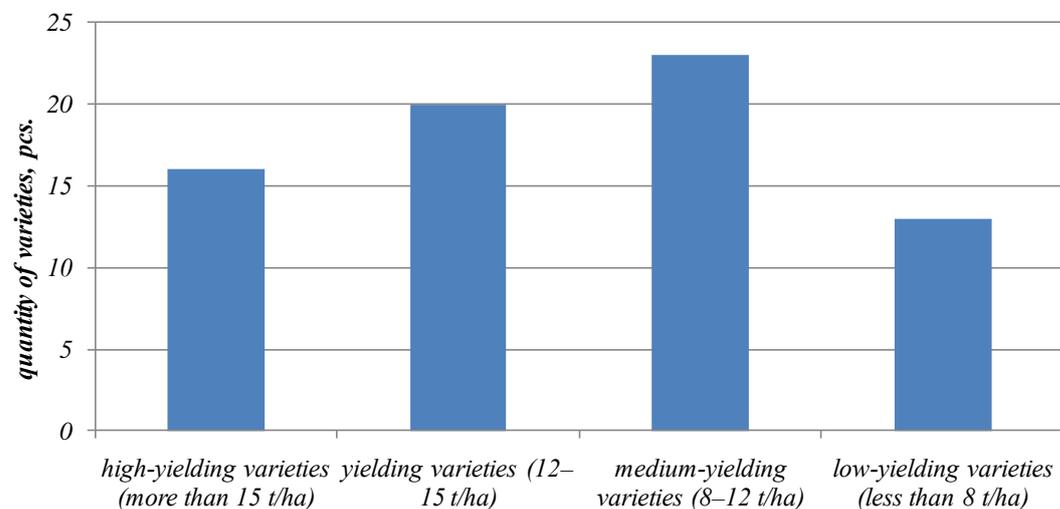


Fig. 5. Allocation of varieties of domestic breeding for yield

К высокоурожайным (более 15 т/га) сортам отечественной селекции относятся Альфа, Балба, Берегиня, Гера, Деснянка Кокинская, Забелинская, Крымчанка 87, Ксанор, Кубата, Марма, Памяти Зубова, Рикла, Урожайная ЦГЛ, Фейерверк, Хибинская Красавица, Эстафета. Урожайными сортами (12–15 т/га) являются Боровицкая, Богема, Витязь, Дивная, Заря, Зенит, Золушка, Коррадо, Кокинская Ранняя, Красавица Загорья, Надежда, Нелли, Солнечная Полянка, Торос, Троицкая, Фестивальная, Царица, Щедрая, Элиани, Юниол (рис. 5) [4].

Наиболее высокой урожайностью (более 20 т/га) отличаются сорта Балба, Ксанор, Эстафета.

Очевидно, что селекционные программы, проводимые в различных регионах России, являются эффективными в области повышения уровня адаптивных признаков и продуктивности земляники садовой. Вместе с тем, объективно оценивая сорта земляники зарубежной селекции, районированные за последнее время (Вима Кимберли, Вима Ксима, НФ 205, НФ 311, НФ 421), следует отметить высокий уровень их потребительских качеств и технологические характеристики (плотность ягод, длительный срок хранения в свежем виде, пригодность к транспортировке и т. п.) [7, с. 29–31], [20, с. 232, 237], [24, с. 41, 44].

К настоящему времени отечественные селекционные программы вплотную подошли к решению задачи по повышению качественных показателей ягод земляники в соответствии с требованиями рынка. Существующее генетическое разнообразие сортов земляники садовой позволяет на современном этапе селекции достичь этой цели. Актуальным остается совмещение в новых сортах высоких показателей качества плодов (плотность, крупноплодность, ароматичность) с высоким уровнем продуктивности, устойчивости к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды.

Зарубежными селекционерами достигнуты значительные успехи в создании высокопродуктивных сортов земляники, характеризующихся крупноплодностью, высокой выравненностью и товарностью ягод, пригодных для выращивания по интенсивным технологиям как в открытом, так и в защищенном грунте (Jingzangxiang, Jingtaoxiang, Pink Princess, Yanli, Ningyu, Yuxin, Shimei 7, Sigongzhu – в Китае; Malling® Centenary, Malling® Star – в Великобритании; Primoris Fnm, Coral, Rabida Fnm – в Испании) [14, с. 7–12], [15, с. 69–74], [21, с. 145–150].

Большинство современных селекционных программ нацелено на постоянное совершенствование сортимента в соответствии с требованиями потребителей.

Новые зарубежные сорта обладают высокой продуктивностью, технологичностью (отзывчивостью на интенсивные сортовые технологии), транспортабельностью, крупноплодностью, высокими товарными качествами ягод (выравненностью, привлекательностью внешнего вида). Сегодня в мировой практике уделяется большое внимание исследованиям, связанным с повышением ароматичности и улучшения вкуса существующих сортов земляники [25, с. 179–184], [26, с. 635–642] [27, с. 673–678].

Вместе с тем в ряде стран актуальными остаются задачи по выведению сортов с высокой устойчивостью к распространенным патогенам (фитофторозам, вертициллезам, серой гнили), что имеет большое значение для экологического производства и органического выращивания продукции [14, с. 7–12], [15, с. 69–74], [25, с. 179–184].

Сравнивая достижения отечественных и зарубежных селекционных программ, можно заключить, что особенностью отечественной селекции земляники является создание широкого спектра продуктивных сортов, обладающих высокой степенью признаков адаптивности. За рубежом селекция еще с середины XX века была ориентирована на улучшение признаков урожайности, крупноплодности, выравненности и товарности ягод земляники, а разработка и применение сортовых технологий позволили нивелировать отрицательное влияние биотических и абиотических факторов.

Достигнутый уровень хозяйственно-ценных признаков в различных сортах, а также современные научные знания по использованию биологических, биотехнологических, генетических, вирусологических, фитопатологических и других методов позволяют сделать заключение о возможности повышения результативности селекционного процесса по созданию сортов, совмещающих в своем генотипе желательный уровень всего спектра признаков адаптивности и продуктивности, в большей степени раскрывающих потенциал земляники садовой.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенный анализ отечественного сортимента земляники садовой свидетельствует о том, что по-прежнему актуальной остается задача создания сортов раннего и позднего сроков созревания для расширения периода потребления свежей продукции.

Для зон, отличающихся незначительным сортиментом, несмотря на почти вековую селекционную работу (с 30-х гг. XX в.), очевидной является необходимость разработки и использования зональных интенсивных технологий при промышленном производстве ягод земляники существующих сортов и создания сортов, отзывчивых на интенсивные технологии.

Отечественные селекционные программы являются результативными при создании адаптивных и продуктивных сортов. Вместе с тем на современном этапе решение задачи по повышению качественных характеристик ягод земляники в соответствии с требованиями рынка является приоритетом для формирования конкурентоспособного сортимента.

Использование доноров и источников высокого уровня хозяйственно ценных признаков, выбор направления селекционного процесса, применение лабораторных и инструментальных методов ускорения селекции (искусственное промораживание, искусственное заражение, ПЦР-диагностика, ДНК-маркирование генов устойчивости, продуктивности, качества ягод и т. п.) позволяют повысить эффективность и результативность селекционных программ.

Библиографический список

1. Казаков И. В., Айтжанова С. Д., Евдокименко С. Н., Кулагина В. Л., Сазонов Ф. Ф. Ягодные культуры в Центральном регионе России / Под ред. академика И. В. Казакова. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2009. 208 с.
2. Мотылева С. М., Куликов И. М., Марченко Л. А. Минеральный состав растений земляники: SEM – EDS и ВЭЖХ – анализ золы плодов // Научные труды V Съезда физиологов СНГ, V Съезда биохимиков России. Конференции ADFLIM. Сочи – Дагомыс, 2016. С. 222.
3. Food and Agriculture Organization of the Nations (FAO) [Электронный ресурс] // Официальный сайт Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC> (дата обращения: 30.06.2020).
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорты растений [Электронный ресурс] // Госсортокмиссия. URL: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2020/03/FIN_reestr_dop_12_03_2020.pdf (дата обращения: 30.06.2020).
5. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: Из-во ВНИИСПК, 1995. 502 с.
6. Андропова Н. В. Оценка сортов земляники по устойчивости к неблагоприятным абиотическим факторам в условиях юго-западной части Нечерноземья России // Садоводство и виноградарство. 2018. № 4. С. 32–37.
7. Марченко Л. А. Селекция земляники садовой на устойчивость к повреждающим факторам зимнего периода // Садоводство и виноградарство. 2014. № 3. С. 12–16.
8. Козлова И. И. Тенденции формирования промышленного сортимента земляники в Российской Федерации // Садоводство и виноградарство. 2019. № 2. С. 25–32. DOI: 10.31676/0235-2591-2019-2-25-32.
9. Козлова И. И., Лукьянчук И. В., Жбанова Е. В. Сортимент и технология производства высококачественных ягод земляники садовой // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 45–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211.
10. Козлова И. И. Особенности формирования промышленного сортимента земляники садовой в Центрально-Черноземном регионе // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 48. № 1. С. 132–135.
11. Казаков И. В., Айтжанова С. Д., Евдокименко С. Н. [и др.] Ягодные культуры в Центральном регионе России: монография. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: Изд-во ВСТИСП, 2016. 233 с.
12. Киртбая Е. К., Щеглов С. Н. Земляника. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2003. 170 с.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. 608 с.
14. Zhang Y., Wang G., Dong J., Zhong C., Chang L. and Zhang H. The current progress in strawberry breeding in China // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 7–12. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.2.
15. Whitehouse A. B., Simpson D. W., Johnson A. W., McLeary K. J., Pessy A. J., Nellist C. F., Bates H., Harrison R. J. Progress in strawberry breeding at NIAB-EMR, East Malling, UK // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 69–74. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.9.
16. Головин С. Е. Корневые и прикорневые гнили земляники и микромицеты, ассоциирующиеся с ними: Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (земляника, малина): сборник научных трудов конференции, посвященный 90-летию со дня рождения кандидата сельскохозяйственных наук К. Т. Ярковой. Мичуринск, Воронеж, 2019. С. 36–55.
17. Kulikov I. M., Marchenko L. A. Genetic methods of creating new varieties of garden plants // Herald of the Russian Academy Sciences. 2017. Vol. 87. No. 2. Pp. 135–138. DOI: 10.1134/S1019331617020125.
18. Куликов И. М., Марченко Л. А., Данилова А. А., Сашко Е. К. Роль генофонда и значение научного наследия И. В. Поповой в селекции ягодных культур // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. 41. С. 208–211.
19. Лыжин А. С., Лукьянчук И. В. Молекулярно-генетические методы в селекции земляники (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) // Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (земляника, малина): сборник научных трудов конференции, посвященный 90-летию со дня рождения кандидата сельскохозяйственных наук К. Т. Ярковой, Мичуринск, Воронеж, 2019. С. 149–156.
20. Яковенко В. В., Лапшин В. И. Перспективные сорта земляники для промышленного выращивания на юге России // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 157. № 03. С. 231–241. DOI: 10.21515/1990-4665-157-017.
21. Refoyo A., Arenas J. M. Cultivars developed in the strawberry breeding program of Fresas Nuevos Materiales S. A. // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 145–150. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.21.
22. Kafkas E. Strawberry growing in Turkey: current status and future prospects // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 903–908. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.133.
23. Андропова Н. В. Сорты земляники садовой для промышленного возделывания // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции: в 2 кн. Барнаул, 2018. Кн. 1. С. 214–216.
24. Яковенко В. В., Лапшин В. И. Результаты оценки продуктивности и качества плодов земляники в условиях Прикубанской зоны Краснодарского края // Садоводство и виноградарство. 2019. № 2. С. 40–45. DOI: 10.21515/1999-1703-82-127-132.

25. Baruzzi G., Ballini L., Baroni G., Birolli M., Capriolo G., Carullo A., D'Anna F., Funaro M., Lucchi P., Magnani S., Maltoni M.L., Sbrighi P., Turci P., Faedi W. Updates on Italian strawberry breeding programs coordinated by CREA-FRF // *Acta Horticulturae*. 2017. No. 1156. Pp. 179–184. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.26.

26. Olbricht K., Gerischer U., Weiß K. and Ulrich D. 'Renaissance' of flavor: portrait of a new European strawberry cultivar // *Acta Horticulturae*. 2017. No. 1156. Pp. 635–642. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.93.

27. Bianchi G., Lucchi P., Maltoni M. L., Fagherazzi A. F., Baruzzi G. Analysis of aroma compounds in new strawberry advanced genotypes // *Acta Horticulturae*. 2017. No. 1156. Pp. 673–678. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.98.

Об авторах:

Людмила Александровна Марченко¹, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0002-7247-9829, AuthorID 378978; +7 916 493-48-87

¹ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

Strawberry: evolution of the domestic assortment and direction of selection

L. A. Marchenko¹✉

¹ Federal Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

✉ E-mail: Lamarch@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research is to evaluate the varieties of strawberry included in the State register of breeding achievements, approved for use in the Russian Federation in 2020 to identify promising areas of crop selection. **Methods.** The analytical method was used to evaluate varieties by the terms of their inclusion in the state register, maturation period, signs of adaptation and productivity. **Results.** Analysis of the assortment allows us to conclude that out of 88 short-day varieties, the greater variety is represented in the Central (33 varieties), North Caucasus (28 varieties), Volga-Vyatka (25 varieties), and West Siberian (25 varieties) regions. The main part of varieties is accounted for by domestic selection. The basis of the industrial assortment is still short-day varieties (the usual type of fruiting). Most of the varieties (56 pcs.) belong to the average maturation period. Early maturation period is characterized by 19 varieties, late – 13 varieties. For most areas of domestic berry growing, winter hardiness remains the limiting factor for growing strawberry crops. Only 9.1 % of varieties have the highest resistance to winter damage factors (they are zoned in more than five regions). In the southern regions, drought tolerance and heat tolerance are important signs of adaptability of varieties. The ability of strawberry varieties to resist the most common diseases that cause economic damage to the crop is still an important component in the development of varieties and the main way to obtain high-quality products. The analysis revealed that the task of creating varieties of early and late maturation periods is still relevant. At the present stage, solving the problem of improving the quality characteristics of strawberries in accordance with market requirements is a priority for the formation of a competitive assortment. **Scientific novelty.** Based on a comparative analysis of strawberry varieties included in the state register, as well as the achievements of crop selection at the present stage in Russia and abroad, the directions for possible improvement of the domestic assortment are identified.

Keywords: strawberry, assortment, variety, breeding.

For citation: Marchenko L. A. Zemlyanika sadovaya: otsenka otechestvennogo sortimenta i napravleniya selektsii [Strawberry: evolution of the domestic assortment and direction of selection] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 12 (203). Pp. 50–60. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-50-60. (In Russian.)

Paper submitted: 06.08.2020.

References

1. Kazakov I. V., Aitzhanova S. D., Evdokimenko S. N., Kulagina V. L., Sazonov F. F. Yagodnye kul'tury v Tsentral'nom regione Rossii [Berry crops in the Central region of Russia] / Ed. academician I. V. Kazakov. Bryansk: Bryansk State Agricultural Academy, 2009. 208 p. (In Russian.)

2. Motyleva S. M., Kulikov I. M., Marchenko L. A. Mineral'nyy sostav rasteniy zemlyaniki: SEM – EDS i VEZhKh – analiz zoly plodov [Mineral composition of strawberry plants: SEM – EDS and HPLC – analysis of fruit ash] // *Nauchnye trudy V S"ezda fiziologov SNG, V S"ezda biokhimikov Rossii. Konferentsii ADFLIM. Sochi – Dagomys*. P. 222. (In Russian.)

3. Food and Agriculture Organization of the Nations (FAO) [e-resource]. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC> (appeal date: 30.06.2020).

4. Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Tom 1. Sorta rasteniy [State register of selection achievements allowed for use. Vol. 1. Varieties of plants] [e-resource] // State Commission for Selection Achievements

ments Test and Protection (FSBI “Gossortcommission”). URL: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2020/03/FIN_reestr_dop_12_03_2020.pdf (appeal date: 30.06.2020). (In Russian.)

5. Programma i metodika selektsii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [The program and methods of selection of fruit, berry and nut crops] / Under the editorship of E. N. Sedov, T. P. Ogol'tsova. Orel: Izd-vo VNIISPK, 1995. 502 s. (In Russian.)

6. Andronova N. V. Otsenka sortov zemlyaniki po ustoychivosti k neblagopriyatnym abioticheskim faktoram v usloviyakh yugo-zapadnoy chasti Nechernozem'ya Rossii [Evaluation of strawberry varieties for resistance to adverse abiotic factors in the conditions of the South-Western part of the non-Chernozem region of Russia] // Horticulture and viticulture. 2018. No. 4. Pp. 32–37. (In Russian.)

7. Marchenko L. A. Seleksiya zemlyaniki sadovoy na ustoychivost' k povrezhdayushchim faktoram zimnego perioda [Selection of garden strawberries for resistance to damaging factors of the winter period] // Horticulture and viticulture. 2014. No. 3. Pp. 12–16. (In Russian.)

8. Kozlova I. I. Tendentsii formirovaniya promyshlennogo sortimenta zemlyaniki v Rossiyskoy Federatsii [Trends in the formation of industrial assortment of strawberries in the Russian Federation] // Horticulture and viticulture. 2019. No. 2. Pp. 25–32. DOI: 10.31676/0235-2591-2019-2-25-32. (In Russian.)

9. Kozlova I. I., Luk'yanchuk I. V., Zhbanova E. V. Sortiment i tekhnologiya proizvodstva vysokokachestvennykh yagod zemlyaniki sadovoy [Sorting and technology of production of high-quality strawberry garden] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 2. Pp. 45–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211. (In Russian.)

10. Kozlova I. I. Osobennosti formirovaniya promyshlennogo sortimenta zemlyaniki sadovoy v Tsentral'no-Chernozemnom regione [Features of formation of industrial assortment of garden strawberries in the Central Chernozem region] // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2017. Vol. 48. No. 1. Pp. 132–135. (In Russian.)

11. Kazakov I. V., Aytzhanova S. D., Evdokimenko S. N., et al. Yagodnye kul'tury v Tsentral'nom regione Rossii: monografiya [Berry crops in the Central region of Russia: monograph]. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Izd-vo VSTISP, 2016, 233 p. (In Russian.)

12. Kirtbaya E. K., Shcheglov S. N. Zemlyanika [Strawberry]. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2003. 170 p. (In Russian.)

13. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Program and methodology for the study of varieties of fruit, berry and nut crops] / Under the editorship of E. N. Sedov, T. P. Ogol'tsova. Orel: Izd-vo VNIISPK, 1999. 608 p. (In Russian.)

14. Zhang Y., Wang G., Dong J., Zhong C., Chang L. and Zhang H. The current progress in strawberry breeding in China // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 7–12. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.2.

15. Whitehouse A. B., Simpson D. W., Johnson A. W., McLeary K. J., Pessy A. J., Nellist C. F., Bates H., Harrison R. J. Progress in strawberry breeding at NIAB-EMR, East Malling, UK // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 69–74. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.9.

16. Golovin S. E. Kornevye i prikornevye gnili zemlyaniki i mikromitsety, assotsiirovushchiesya s nimi [Root and root rot of strawberries and micromycetes associated with them]: Sovremennye tendentsii ustoychivogo razvitiya yagodovodstva Rossii (zemlyanika, malina): sbornik nauchnykh trudov konferentsii, posvyashchenny 90-letiyu so dnya rozhdeniya kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk K. T. Yarkovoy. Michurinsk, Voronezh, 2019. Pp. 36–55. (In Russian.)

17. Kulikov I. M., Marchenko L. A. Genetic methods of creating new varieties of garden plants // Herald of the Russian Academy Sciences. 2017. Vol. 87. No. 2. Pp. 135–138. DOI: 10.1134/S1019331617020125.

18. Kulikov I. M., Marchenko L. A., Danilova A. A., Sashko E. K. Rol' genofonda i znachenie nauchnogo naslediya I. V. Popovoy v selektsii yagodnykh kul'tur [The role of the gene pool and the significance of the scientific heritage of I. V. Popova in the selection of berry crops] // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2015. Vol. 41. Pp. 208–211. (In Russian.)

19. Lyzhin A. S., Luk'yanchuk I. V. Molekulyarno-geneticheskie metody v selektsii zemlyaniki (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) [Molecular and genetic methods in strawberry selection (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)]: Sovremennye tendentsii ustoychivogo razvitiya yagodovodstva Rossii (zemlyanika, malina): sbornik nauchnykh trudov konferentsii, posvyashchenny 90-letiyu so dnya rozhdeniya kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk K. T. Yarkovoy. Michurinsk, Voronezh, 2019. Pp. 149–156. (In Russian.)

20. Yakovenko V. V., Lapshin V. I. Perspektivnye sorta zemlyaniki dlya promyshlennogo vyrashchivaniya na yuge Rossii [Promising varieties of strawberries for industrial cultivation in the South of Russia] // Scientific Journal of KubSAU. 2020. Vol. 157. No. 03. Pp. 231–241. DOI: 10.21515/1990-4665-157-017. (In Russian.)

21. Refoyo A., Arenas J. M. Cultivars developed in the strawberry breeding program of Fresas Nuevos Materiales S. A. // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 145–150. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.21.

22. Kafkas E. Strawberry growing in Turkey: current status and future prospects // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 903–908. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.133.

23. Andronova N. V. Sorta zemlyaniki sadovoy dlya promyshlennogo vzdelyvaniya [Varieties of garden strawberries for industrial cultivation] // Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu: sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2 kn. Barnaul, 2018. Book 2. Pp. 214–216. (In Russian.)

24. Yakovenko V. V., Lapshin V. I. Rezul'taty otsenki produktivnosti i kachestva plodov zemlyaniki v usloviyakh Prikubanskoj zony Krasnodarskogo kraja [Results of evaluating the productivity and quality of strawberry fruits in the conditions of

the Prikubansky zone of the Krasnodar territory] // Horticulture and viticulture. 2019. No. 2. Pp. 40–45. DOI: 10.21515/1999-1703-82-127-132. (In Russian.)

25. Baruzzi G., Ballini L., Baroni G., Birolli M., Capriolo G., Carullo A., D'Anna F., Funaro M., Lucchi P., Magnani S., Maltoni M.L., Sbrighi P., Turci P., Faedi W. Updates on Italian strawberry breeding programs coordinated by CREA-FRF // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 179–184. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.26.

26. Olbricht K., Gerischer U., Weiß K. and Ulrich D. 'Renaissance' of flavor: portrait of a new European strawberry cultivar // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 635–642. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.93.

27. Bianchi G., Lucchi P., Maltoni M. L., Fagherazzi A. F., Baruzzi G. Analysis of aroma compounds in new strawberry advanced genotypes // Acta Horticulturae. 2017. No. 1156. Pp. 673–678. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.98.

Authors' information:

Lyudmila A. Marchenko¹, leading researcher, candidate of agricultural sciences, ORCID 0000-0002-7247-9829, AuthorID 378978; +7 916 493-48-87

¹ Federal Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Digestibility of dietary nutrients and morphohistological changes in the pancreas and duodenum of broiler chickens against the background of replacement of feed antibiotics with a complex phytobiotic drug

E. V. Shatskikh¹✉, A. I. Nufer¹, L. I. Drozdova¹

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: evshackih@yandex.ru

Abstract. The study is aimed at studying the indices of the digestibility of nutrients in broiler chickens' diet and morphohistological changes in the duodenum and pancreas with additional administration and when replacing the feed antibiotic in the feed for a complex preparation, including phytoextracts, essential oils and protected organic acids. The study is based on the **methods** of industrial testing of the effectiveness of feed and commercial products in accordance with the methods of the Federal Research Center "VNITIP" RAS (2013). For calculations, the method of variation statistics is used with the use of the PC "Microsoft Excel". The assessment of the statistical significance of differences between groups was carried out using the Student's t-test. **Results.** It was found that the tested feed additive, which includes essential oils, protected organic acids, and hot pepper extract, promoted an increase in the digestion of fiber and fat by broiler chickens. The morphohistological study has shown that the processes of food digestion during the active work of the pancreas create conditions for the normal life of the bird without the manifestation of pathological processes. **Scientific novelty** of the work. Recently, the use of antibiotic drugs has been widely discussed in scientific circles and in the general press, shaping public opinion. There has been a significant increase in the number of publications dealing with the use of alternative antibiotics additives that promote the growth of poultry, enhance the immune response. Under these conditions, for the first time in a comparative study, the reserves of increasing the productive qualities of poultry were substantiated due to the use in the composition of compound feed in addition and instead of feed antibiotics additives, including phytoextracts, essential oils and protected organic acids. Namely, new data were obtained on the influence of the studied feed factor on the digestibility and use of nutrients of feed, the morphohistological state of the duodenum and pancreas.

Keywords: broiler chickens, nutrient digestibility, pancreas, duodenum, morphohistological changes, phytobiotics, feed antibiotics, essential oils, protected organic acids.

For citation: Shatskikh E. V., Nufer A. I., Drozdova L. I. Digestibility of dietary nutrients and morphohistological changes in the pancreas and duodenum of broiler chickens against the background of replacement of feed antibiotics with a complex phytobiotic drug // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 61–67. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-61-67.

Paper submitted: 19.09.2020.

Introduction

Strict regulation of feed antibiotics use does not fully ensure the safety of poultry products. At the beginning of 2018, the quality of Russian meat products was discussed, in particular, issues of exceeding the permissible content of antibiotics in it. In March of the same year, the Rosselkhoznadzor introduced an enhanced laboratory control regime over the products of a number of enterprises producing livestock products. Tightening quality control of domestic products, requirements from government agencies and large customers (fast food restaurants, federal retail chains) are forcing manufacturers to reconsider approaches to many production processes. In particular, increased control over the residual content of antibiotics in finished products is becoming urgent. Moreover, more and more often Russian poultry producers are thinking about switching to growing technologies without the use of

antibiotics. Considering the experience of Western companies and market trends, it can be argued that the future belongs to antibiotic-free products. And sooner or later, all manufacturers will have to deal with this issue [1].

In the 70–80s of the last century, there were shown specific mechanisms of the formation of microorganisms' antibiotics' resistance. Today this is a big problem and requires an urgent solution. The debate about whether antibiotic agents can be used in animal husbandry have been going on for an infinitely long time. Neither the acuteness of such discussions, nor the conviction of each of the parties that they are right, change. However, the balance of forces is gradually shifting: if ten to fifteen years ago, relatively few opposed antibiotic growth stimulants, now there are so many opponents that they can no longer be ignored.

Antibiotics used for therapeutic purposes and to stimulate the growth of young animals accumulate in significant quantities in food products – meat, milk, eggs. The free concentration of antibiotics for a short period of time is excreted from the animal’s body with waste products – feces, urine, products (milk, eggs), and associated with proteins and other components remains in the body for a long time. The antibiotic drugs excreted from the body enter the soil as part of organic fertilizers and then accumulate in plants [2].

The beginning of the use of feed antibiotics in poultry farming radically changed veterinary medicine. Antibiotics have made it possible to successfully fight many infections and intestinal disorders that are inevitable in the industrial poultry industry. They significantly improved growth rates, feed conversion and increased safety of the poultry population. For many years of use, feed antibiotics have proven their unconditional zootechnical effectiveness [3, p. 160].

Antimicrobial drugs act according to general pharmacological laws, despite their high specificity, they are quite effective only if the developed instructions are strictly followed. If the conditions are not met, antibiotic agents show little effect, and in some cases they can cause harm.

A World Health Organization report published in April 2014 states that “this serious threat is no longer just a prediction for the future, as it is already manifesting itself right now in every region of the world and can negatively affect everyone, regardless of age, in every country. Antibiotic resistance is a phenomenon when bacteria change so much that antibiotics no longer have any effect on the human body, who need them to fight infection, and this is now one of the most serious threats to human health” [4], [5].

The World Health Organization has concluded that inappropriate use of antibiotics in animal husbandry is a major contributor to the emergence and spread of antibiotic-resistant microorganisms, and that there is a need to limit the use of antibiotics as growth promoters in animal feed. The International Epizootic Office has added a set of guidelines to the World Veterinary Code with recommendations for establishing national surveillance and monitoring programs for antimicrobial resistance, controlling the amount of antibiotics used in animal husbandry, and proposals for ensuring the appropriate and appropriate use of antibiotic drugs. Another recommendation is the implementation of methodologies to help identify associated risk factors and assess the risk of antibiotic resistance [6, pp. 277–279].

In this regard, the biological rationale for the use of drugs that are an alternative to feed antibiotics is now the most logical step, especially since foreign manufacturers have already crossed this line and can share their experience [7, pp. 26–28], [8, pp. 66–68]. At the time of the prohibition of antibiotics, European farms experienced a deep crisis. However, at present, a truly invaluable experience has been accumulated in the successful use of drugs that are an alternative to growth-stimulating antibiotics [9, pp. 25–28], [10, p. 22], [11, pp. 48–50], [12, pp. 53–56], [13, pp. 39–40].

Complex preparations, which include components with pronounced growth-stimulating properties: phytochemicals, protected organic acids, essential oils, can be considered relevant and effective [14, p. 43, 47], [15, pp. 798–809], [16, pp. 26–45].

Methods

The aim of the study was to study the indices of the digestibility of nutrients in the diet and morphohistological changes in the duodenum and pancreas with the additional introduction and replacement of the feed antibiotic in the feed for a complex preparation, including phytoextracts, essential oils and protected organic (fumaric acid, sorbic acid, DL-malic acid, citric acid).

The experimental part of the work was carried out in the production conditions of JSC Poultry Farm “Sredneuralskaya” on broiler chickens of the “Ross 308” cross in 2019.

According to the scheme of scientific and economic experience (table 1) at the day-old age, 3 groups of broiler chickens with an average live weight of 43 g were formed. The bird was divided by sex. Males (80 heads) and chickens (80 heads) were kept in different cages during the research. The experiment continued throughout the entire growing period.

The control group received the basic diet (BD) adopted on the farm, with the nutritional value corresponding to the recommendations for the cross. From the 1st to the 21st days of growing broiler chickens, the feed antibiotic Albacin was included in the composition of the BD in the amount of 300 g/t of compound feed, and from the 22nd to 30th days of growing – the feed antibiotic Nosigeptide – 250 g/t of compound feed. Chickens of the 1st experimental group, in addition to the BD from the 1st day of growing until the end of the feeding period, included a complex phytobiotic preparation in the amount of 1 kg/t of compound feed. In the diet of broilers of the 2nd experimental group, the feed antibiotic was replaced with a test additive in the amount of 1 kg/t of compound feed.

Table 1
Scheme of scientific and economic experience

Group	The number of animals	Feeding conditions
<i>Control</i>	♂ 80	<i>The main diet included a feed antibiotic: from day 1 to day 21-Albacin in the amount of 300 g/t of compound feed and from day 22 to day 30-Nosiheptide-250 g/t of compound feed</i>
	♀ 80	
<i>1st experienced</i>	♂ 80	<i>The main diet+ the studied additive in the amount of 1 kg/t of compound feed. Period of use: from day 1 to the end of fattening</i>
	♀ 80	
<i>2nd experienced</i>	♂ 80	<i>Experimental diet: the feed antibiotic in the OR was replaced with the studied additive in the amount of 1 kg/t of compound feed. Period of use: from day 1 to the end of fattening</i>
	♀ 80	

Table 2
Coefficients of digestibility of nutrients by broiler chickens, % (n = 5)

Indicator	Group		
	Control	1 st experienced	2 nd experienced
Dry matter	67.9	66.1	67.3
Crude protein	92.3	92.0	91.6
Crude fat	75.4	75.7	80.3
Crude fiber	10.6	13.8	21.6
Nitrogen-free extractives	81.9	78.9	76.8

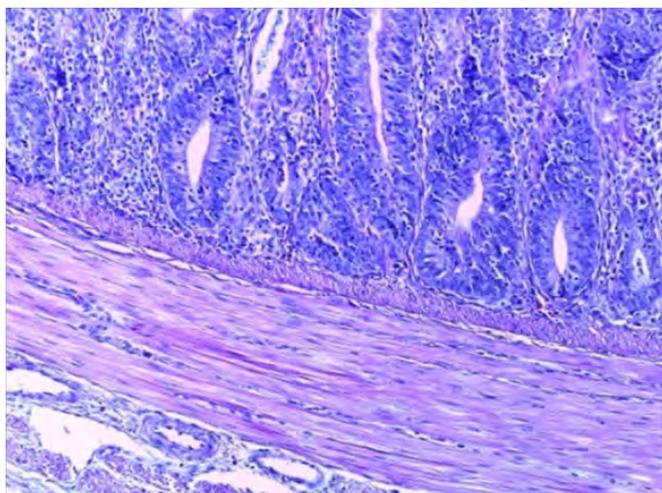


Fig. 1. Duodenum of a control group of birds 22-day-old

To determine the digestibility of nutrients, a balance (physiological) experiment was carried out. For this, at the age of 28 days, 5 average ones were selected for their group, according to the live weight of broiler cockerels. The experiment was carried out in accordance with the recommended methods of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry" of the Russian Academy of Sciences (2013). The selected manure and mixed feed were homogenized and analyzed in the analytical laboratory "Ural Research Institute of Agriculture" – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

The analysis of feed and droppings was carried out according to the generally accepted methods:

1) total nitrogen content – according to the Kjeldahl method (or Dyakov), all-Union State Standard R.51417-99 (%);

2) content of mass fraction of crude fat – by extraction method, all-Union State Standard 13496.15-97 (%);

3) the content of the mass fraction of crude fiber – by removing acid-alkali-soluble substances from the product and determining the crude fiber, all-Union State Standard 13496.2-97 (%).

For morphohistological studies, there were taken samples of the duodenum and pancreas of birds from 3 heads from each group. The material was fixed in a 10 % solution of neutral formalin. The study of general structural changes in organs was carried out on paraffin sections, the preparations were stained with hematoxylin and eosin according to the generally accepted method. All histological examinations were documented by photographing under a microscope.

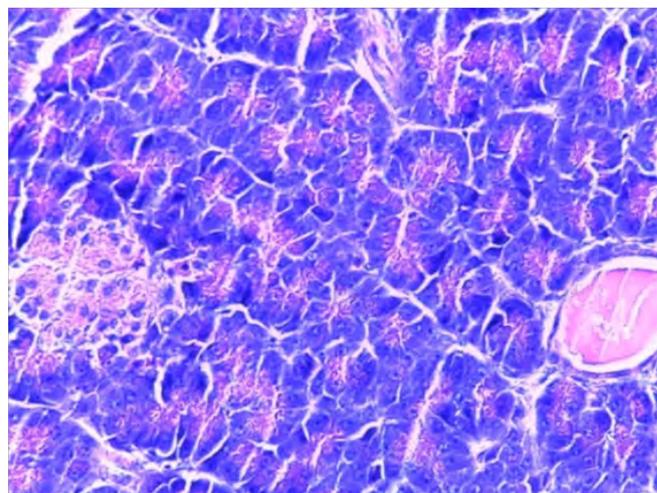


Fig. 2. Pancreas of poultry in the control group 22-day-old

The main experimental data were processed by the method of variation statistics using the PC Microsoft Excel. The statistical significance of the differences between the groups was assessed using the Student's t-test.

Results

The use of nutrients in the feed of a bird directly affects its performance level. Table 2 shows the nutrient digestibility factors. It was noted that broiler male birds of the 1st and 2nd experimental groups were not significantly inferior to the control in terms of the digestibility of the dry matter of the diet by 1.8 and 0.6 %, respectively.

The highest digestibility of feed crude protein was observed in the control group – 92.3 %, which is more than in the 1st and 2nd experimental groups by 0.3 and 0.7 %, respectively.

The percentage of crude fat digestion in chickens from the control group was 75.4 %. In broilers of the 1st and 2nd experimental groups, this indicator was higher by 0.3 and 4.9 %, respectively.

The digestion of fiber in the body of chickens is carried out with the help of intestinal microflora enzymes. The highest value for the absorption of fiber was obtained in the 2nd experimental group – 21.6 %, which is 11 % more than the control indicator.

In 1st experimental group of broilers, the coefficient of fiber digestibility is 3.2 % higher than the control level. We believe that the increase in fiber digestion in broilers who received a phytobiotic preparation instead of a feed antibiotic is due to the creation of the most favorable conditions in the large intestine of birds for the development of cellulolytic bacteria.

More than half of the dry matter of the feed consists of nitrogen-free extractive substances; this group includes sugar and starch of the feed. The digestibility of nitrogen-free extrac-

tive substances in the control group was at the level of 81.9 %, in chickens 1st and 2nd of the experimental group this indicator was lower than the control values by 3.0 and 5.1 %, respectively.

A histological examination of the internal organs of a bird from the control group at the age of 22 days revealed no pathological processes that aggravate the clinical state of the bird. In the duodenum of broilers, all layers were clearly defined, the villi lined with epithelium had a limited outer membrane, and the goblet cells were in a state of moderate secretion (fig. 1).

The pancreas of broiler chickens in the control group at the age of 22 days was in a state of poorly expressed secretion, the islets of Langerhans were not activated, and there was stagnation of secretion in the small ducts of the gland (fig. 2).

In experimental group 1, the examined internal organs of birds at the age of 22 days differed little from those of their peers in the control group during this period of time. In the duodenum, increased secretion was noted (fig. 3), and in the pancreas - stagnation of secretions in the ducts (fig. 4).

In the duodenum of chickens of the 2nd experimental group at 22 days age, the villi were clearly contoured (fig. 5), with the activation of secretion by goblet cells (fig. 6).

In the pancreas of 22-day-old broiler chickens of the 2nd experimental group, an increase in the size and activation of secretion in the islets of Langerhans was noted (fig. 7).

At 38 days age in the duodenum in all three males of the control group, were revealed wall thickening, a sharp increase in secretion by goblet cells (fig. 8, 9) and the phenomenon of catarrhal duodenitis (fig. 10).

The duodenum of chickens from the 1st experimental group at the age of 38 days was in a state of slight hypersecretion of the glands (fig. 11), activation of the islets of Langerhans was observed in the pancreas (fig. 12).

In the pancreas of chickens from the control group at 38 days age, a slight activation of the islets of Langerhans was noted (fig. 13), however, most of them had weak secretory activity (fig. 14).

The duodenum of the chickens of the 2nd experimental group at the age of 38 days had a clear outline of the villi without signs of an inflammatory process with moderate secretion (fig. 15).

In all samples of the pancreas of the 2 experimental group, activation of the secretion of the islets of Langerhans was expressed at 38 days (fig. 16).

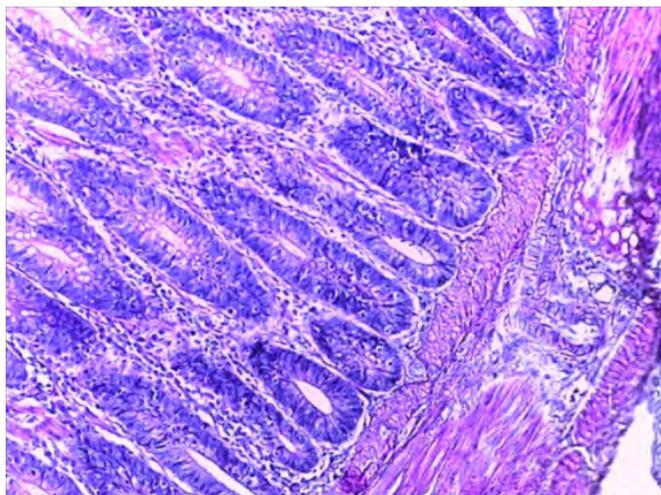


Fig. 3. Duodenum of a 22-day-old bird of the 1st experimental group

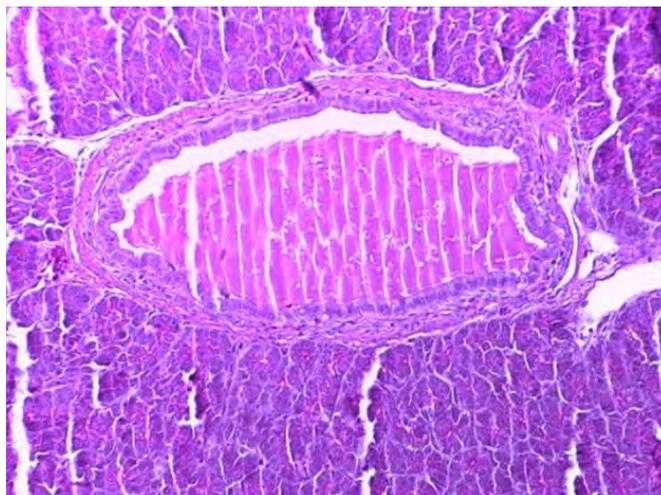


Fig. 4. Pancreas of poultry of the 1st experimental group 22-day-old

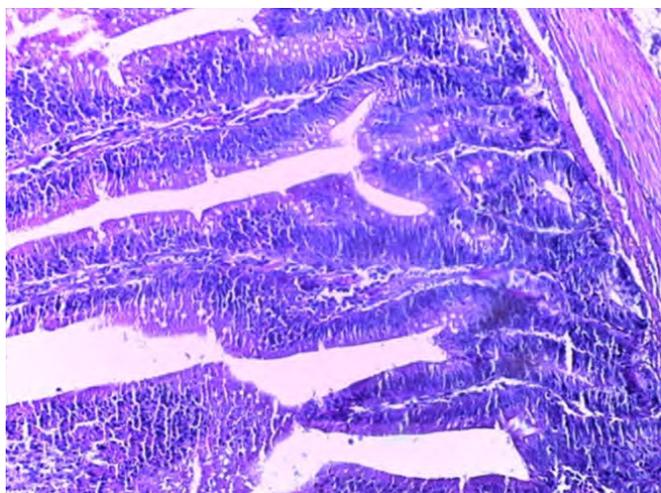


Fig. 5. Duodenum of a 22-day-old bird of the 2nd experimental group

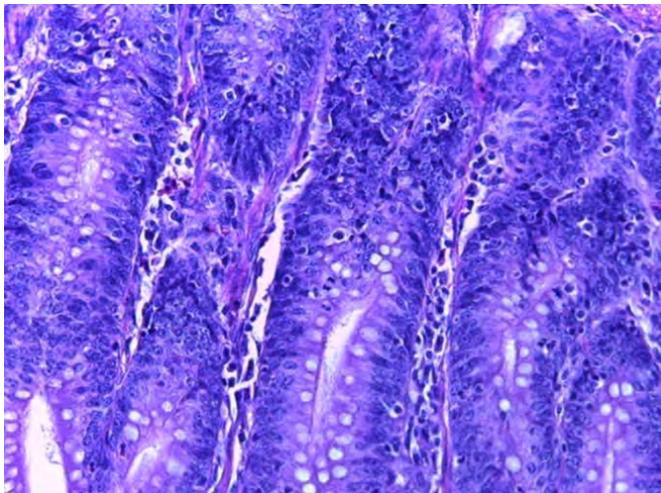


Fig. 6. Duodenum of a 22-day-old bird of the 2nd experimental group

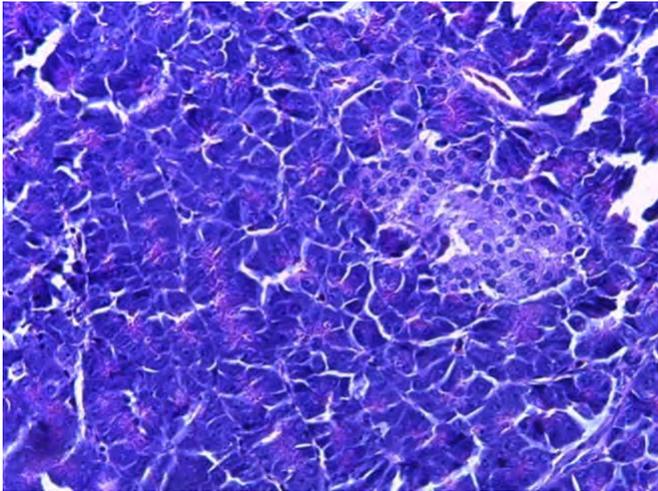


Fig. 7. Pancreas of poultry of the 2nd experimental group 22-day-old

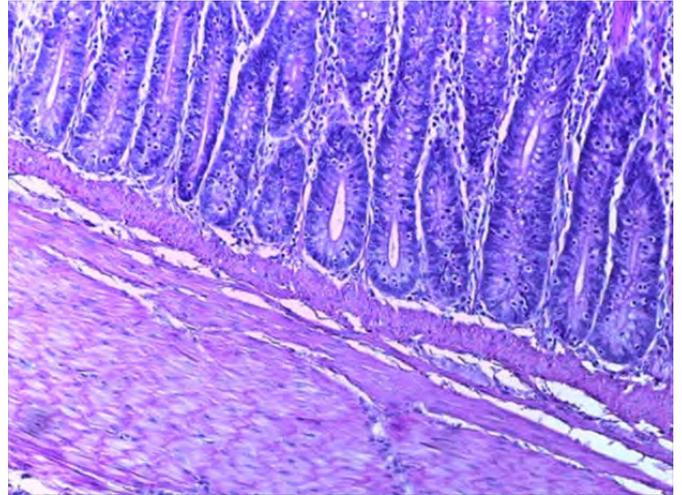


Fig. 8. Duodenum of a control group bird 38-day-old

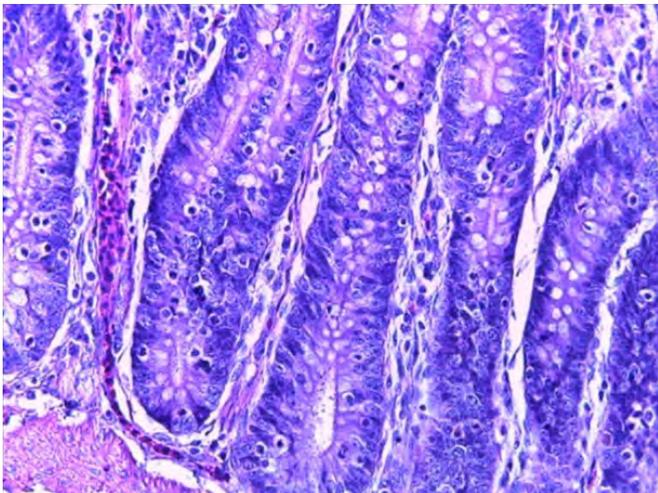


Fig. 9. Duodenum of a control group of birds 38-day-old

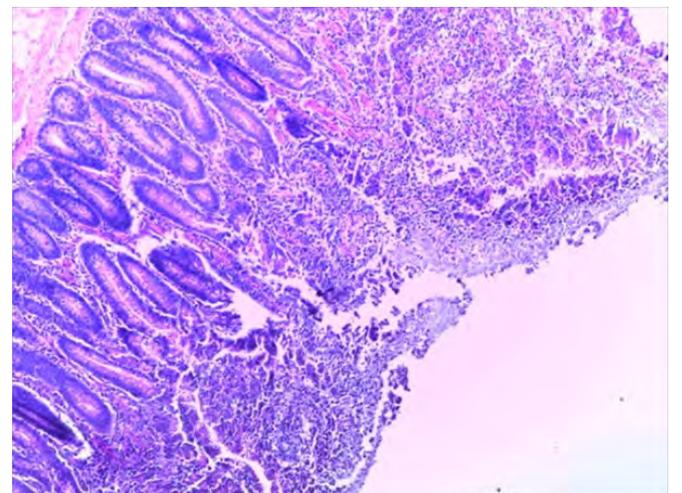


Fig. 10. Duodenum of a 38-day-old control group bird

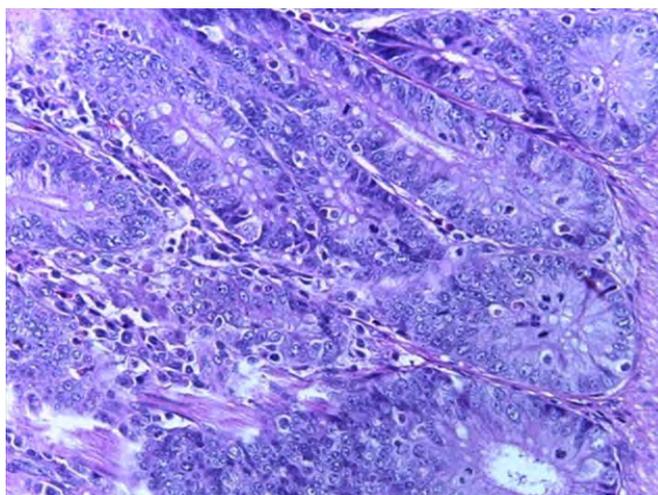


Fig. 11. Duodenum of a 38-day-old bird of the 1st experimental group

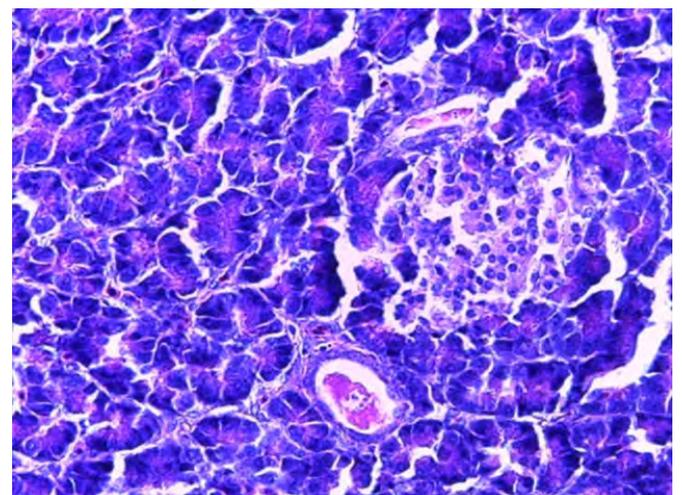


Fig. 12. Pancreas of a 38-day-old bird of the 1st experimental group

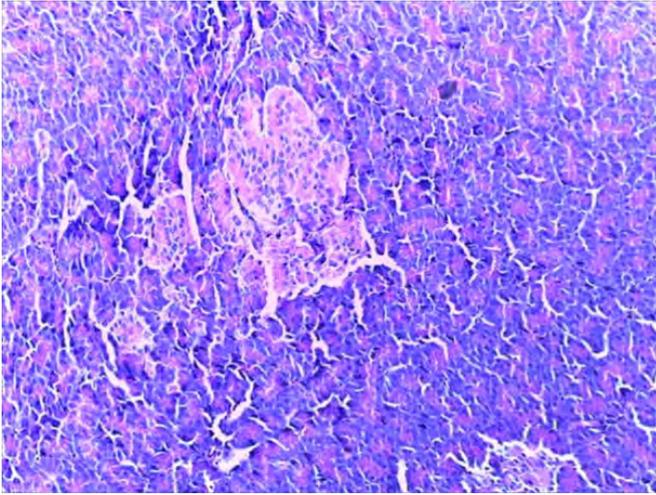


Fig. 13. Pancreas of a 38-day-old control bird

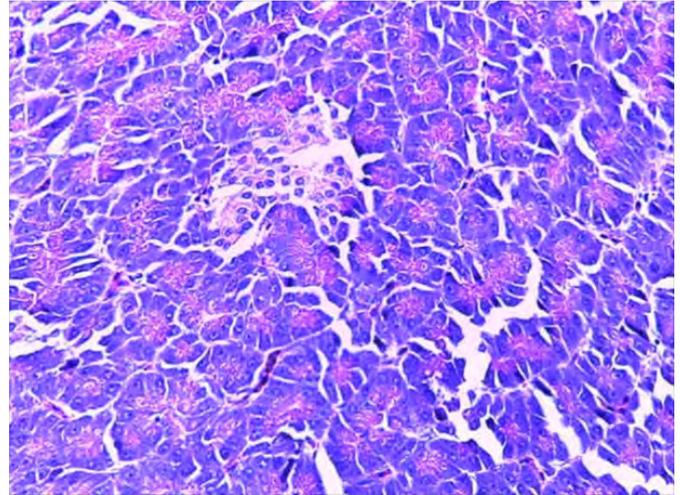


Fig. 14. Pancreas of a 38-day-old control bird

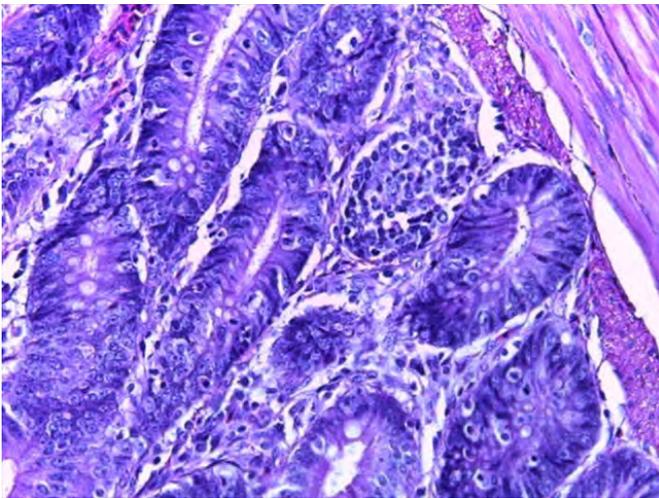


Fig. 15. Duodenum of a 38-day-old bird in the 2nd experimental group

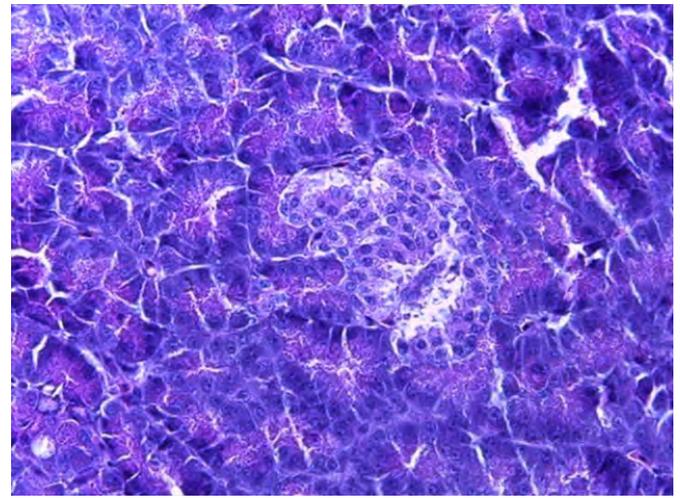


Fig. 16. Pancreas of a 38-day-old bird in the 2nd experimental group

Discussion and Conclusion

Based on the totality of the obtained results, it can be concluded that the use of a complex phytobiotic feed additive in addition to the main diet and instead of feed antibiotics has a positive effect on metabolic processes in the bird's body. Thus, according to the data of the balance experiment, it was found that replacing feed antibiotics in the diet with the studied preparation increases the digestibility of fiber by 11 % and fat by 4.9 % by broilers. With the additional inclusion of the test fodder in the compound fodder, the digestibility of fiber increases by 3.2 %.

Histological analysis of the digestive tract showed that in the duodenal mucosa of the chickens of the 2nd experimental group, which received a preparation containing phytobiotics and protected organic acids instead of a feed antibiotic, moderate secretion was noted, that is, the processes of digestion of

feed with the active work of the pancreas ensure the normal life of the bird without manifestations of pathological conditions. In 1st experimental group, where the drug was included in addition to the main diet, there were also no pathological changes in the form of inflammation and necrobiosis, and it looked more positive compared to the control group, nevertheless, the general complex of processes noted in 2nd experimental group has advantages over 1st experienced group.

The positive effect of the use of the studied drug is due to its constituent substances, which, due to antibacterial, anti-inflammatory and antioxidant properties, prevent the development of pathogenic microflora in the gastrointestinal tract of the bird, while the enzymatic activity of the internal secretion organs is stimulated, which leads to better digestion and assimilation nutrients in the body of chickens.

References

1. Dzhannarlanov R. Broiler bez antibiotikov – trend budushchego [Broiler without antibiotics-the trend of the future] [e-resource] // Agroinvestor.ru. URL: <https://www.agroinvestor.ru/column/rizvan-dzhannarlanov/30096-broyler-bez-antibiotikov-trend-budushchego> (appeal date: 08.11.2019). (In Russian.)
2. Iliesh V. D., Goriacheva M. M. Probiotiki v zhivotnovodstve – put' k kachestvu i bezopasnosti produktov pitaniya [Probiotics in animal husbandry – the way to food quality and safety] [e-resource] // Dairynews.ru: Digest of the Russian dairy

market news. URL: <https://www.dairynews.ru/news/probiotiki-v-zhivotnovodstve-put-k-kachestvu-i-bez.html> (appeal date: 03.08.2020). (In Russian.)

3. Shepetkina S. V., Novikova O. B., Zabrovskaya A. V., Terletskiy V. P., Tyshchenko V. I. Sovremennye printsipy antibiotikoterapii v ptitsevodstve [Modern principles of antibiotic therapy in poultry farming] // SPb.: Izdatel'stvo FGBOU VPO "SPbGA-VM", 2015. 160 p. (In Russian.)

4. Kuramshin A. Polimernye nanochastitsy – novoe oruzhie v bor'be s bakteriyami? [Polymer nanoparticles – a new weapon in the fight against bacteria?] [e-resource]. URL: <https://kpfu.ru/chemistry/novosti-himii-goryachej-strokoj/polimernye-nanochasticy-mdash-novoe-oruzhie-v.html> (appeal date: 03.08.2020). (In Russian.)

5. Ustoichivost' k antibiotikam – ser'eznaya ugroza obshchestvennomu zdravookhraneniyu [Antibiotic resistance is a serious threat to public health] [e-resource]. URL: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/amr-report/ru> (appeal date: 03.08. 2020). (In Russian.)

6. Vilsma G., Sigall S., Nufer A. I. Puti ozdorovleniya kishhechnika sviney i ptitsy v usloviyakh sovremennogo promyshlennogo proizvodstva [Ways of improving the intestines of pigs and poultry in modern industrial production] // Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2015. No. 2. Pp. 277–279. (In Russian.)

7. Shatskikh E. V., Galiev D. M., Nufer A. I. Produktivnost' broylerov pri zamene v ratsione kormovykh antibiotikov na rostostimuliruyushchie dobavki [Productivity of broilers when replacing feed antibiotics in the diet with growth-stimulating additives] // Poultry and chicken products. 2019. No. 6. Pp. 26–28. (In Russian.)

8. Shatskikh E. V., Vasilyeva O. A., Nufer A. I. Al'ternativnye puti zameny kormovykh antibiotikov [Alternative ways to replace feed antibiotics] // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2019. No. 4. Pp. 66–68. (In Russian.)

9. Egorov I. A., Egorova T. V., Krivoruchko L. I., Brylin A. P., Belyavskaya V. A., Bol'shakova D. S. Probiotik v kombikormakh dlya tsyplyat-broylerov [Probiotic in mixed feed for broiler chickens] // Ptitsevodstvo. 2019. No. 3. Pp. 25–28. (In Russian.)

10. Kanardov P. Antibiotiki v zhivotnovodstve. Zapreti' nel'zya razreshit' [Antibiotics in animal husbandry. You can not deny to allow] // Tsenovik. Agricultural Review. 2017. No. 9. Pp. 22. (In Russian.)

11. Salomatov E. A., Slobozhaninov K. V., Vereshchagina E. N., Paderina R. V. Ispol'zovanie probiotikov v kormlenii kur-nesushek [The use of probiotics in the feeding of laying hens] // Ptitsevodstvo. 2019. No. 10. Pp. 48–50. (In Russian.)

12. Ramires D., Gossens T. Alternativa antibiotikam. Dobavki ADIMIKS® Precision i APEKS® v kormlenii broylerov [Alternative to antibiotics. ADIMIX® Precision and APEX® additives in broiler feeding] // Animal husbandry of Russia. Thematic issue. 2017. No. 3. Pp. 53–56. (In Russian.)

13. Shatskikh E. V., Vasina O. V. Organicheskie podkisliteli dlya vyrashchivaniya broylerov [Organic acidifiers for growing broilers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 10 (89). Pp. 39–40. (In Russian.)

14. Ovchinnikov A. A., Ovchinnikova L. Yu., Kononov D. A. Immunnyy status organizma myasnykh kur pri ispol'zovanii probiotikov v ratsione [Immune status of the body of meat chickens when using probiotics in the diet] // Ptitsevodstvo. 2019. No. 5. Pp. 43–47. (In Russian.)

15. Egorov I. A., Egorova T. A., Lenkova T. N., Vertiprakhov V. G., Manukian V. A., Nikonov, I. N. Grozina A. A., Filipova V. A., Ilydyrym E. A., Il'ina L. A., Dubrovin A. V., Laptev G. Yu. Zameshchenie kormovykh antibiotikov v ratsionakh. Soobshchenie II. Mikrobiota kishhechnika i produktivnost' miasnykh kur (Gallus gallus L.) na fone fitobiotika [Replacement of feed antibiotics in diets. Message II. Gut microbiota and productivity of meat chickens (Gallus gallus L.) against the background of phytobiotics] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019. T. 54. No. 4. Pp. 798–809. (In Russian.)

16. Gadde U., Kim W. H., Oh S. T., Lillehoj. Hyun S. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review // Animal health research reviews. 2017. Vol. 18. No. 1. Pp. 26–45.

Authors' information:

Elena V. Shatskikh¹, doctor of biological sciences, professor, head of the department of zooengineering,

ORCID 0000-0001-5086-6353, AuthorID 478964; +7 922 107-67-92, evshackih@yandex.ru

Alena I. Nufer¹, postgraduate student of the department of zooengineering, ORCID 0000-0001-9367-2225,

AuthorID 1087197; +7 922 146-00-04, nufer@agroros-company.ru

Lyudmila I. Drozdova¹, head of the department of morphology and expertise, doctor of veterinary sciences, professor,

ORCID 0000-0001-9689-1781, AuthorID 599715; +7 950 636-60-30, drozdova43@mail.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Состояние и сценарии развития экспорта отходов пищевой промышленности и кормов для животных в России и Ставропольском крае

Н. В. Воробьева¹✉

¹ Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

✉ E-mail: vorobeva1979@mail.ru

Аннотация. Цель работы – выявить основные товарно-географические тенденции в развитии экспортного потенциала отходов пищевой и перерабатывающей промышленности и кормов для животных в России и Ставропольском крае, на основании чего сформулировать сценарии развития экспорта данного сегмента на мировом рынке. **Методическую основу** составляет совокупность статистических, экономико-математических и дескриптивных методов. В статье исследуются состояние, динамические и структурные тенденции в экспорте отходов пищевой промышленности и кормов для животных в России и Ставропольском крае. **Результаты.** Выявлены тенденции изменения в товарно-географической структуре экспорта отходов пищевой промышленности и кормов для животных в России и Ставропольском крае. Сделан вывод о том, что существует острая необходимость в расширении производства и экспорта отходов пищевой промышленности и кормов для животных в регионах РФ, которая должна основываться на сценариях развития мирового рынка в сочетании с установленными возможностями и угрозами для аграрноориентированных предприятий, в частности, позволяющими выявить несколько потенциальных ниш для товарного и территориального развития Ставропольского края. **Новизна результатов.** Выявлены эмпирические тенденции в реализации экспортного потенциала Ставропольского края, состоящие в наращивании объемов экспорта традиционной продукции по приоритетным географическим направлениям и представляющие новые тенденции в развитии макро- и регионального АПК. В работе обоснован рост поставок в будущем по выявленным ориентирам экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в Ставропольском крае (преимущественно в страны СНГ, Италию и Испанию), а также в необходимости формирования коммуникаций и логистики, позволяющих сформировать экспортоориентированную платформу в ставропольской экономике.

Ключевые слова: отходы пищевой промышленности и корма для животных, Ставропольский край, Россия, экспорт.

Для цитирования: Воробьева Н. В. Состояние и сценарии развития экспорта отходов пищевой промышленности и кормов для животных в России и Ставропольском крае // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-68-77.

Дата поступления статьи: 05.10.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Наращивание объемов животноводческой продукции, достижение продовольственного обеспечения в настоящее время и в обозримой перспективе обусловили рост производства качественных кормов. К тому же рост населения Земли зависит от изменений в потреблении в пользу здоровых и полезных продуктов питания, что ведет к увеличению спроса на мясо, молоко, яйца и др. Основой для производства кормов являются многообразные отходы пищевой промышленности – жмых, остающийся после переработки масличных, пивная дробина, отходы производства сахара и крахмала и др.

Ключевая составляющая рынка – жмых, остающийся после переработки различных видов масличных, а также уже готовые корма. Суммарно их доля в мировой торговле превышает 80 %.

С началом мирового кризиса, наступившего в 2014 г., возникает новая тенденция, которая проявилась в снижении объемов мировой торговли отходами пищевой

промышленности и кормами для животных. При этом ее связывают с ростом животноводства во многих развивающихся и наименее развитых странах, что влечет за собой повышенную потребность в кормах. Ярким подтверждением этому можно назвать КНР, кормопроизводство которого стало национальным приоритетным направлением.

Снижающиеся показатели объемов мировой торговли коррелируют с сокращением показателей экспорта у стран, лидирующих в производстве кормов. За исследуемый период страны Латинской и Северной Америки снизили свои поставки: Аргентина – на 9 %, Бразилия и США – на 3 %. Российская Федерация тоже вынуждена сокращать экспортные операции по поставке кормов и сырья (–8 % к уровню 2016 г.). Однако иная тенденция складывается в Голландии и Франции: стабильный рынок и развитая перерабатывающая промышленность позволили этим странам увеличить экспорт на 10 %, и 7 % соответственно. Наивысший результат показала Великобритания, превысившая в 2017 г. экспорт кормов на 17 %.

До настоящего времени крупнейшими импортерами кормов и отходов пищевой промышленности остаются страны, у которых на протяжении многих лет сложился развитый перерабатывающий сектор экономики и развитое животноводство (Германия и Голландия), а также страны, имеющие высокую численность населения в мире и уделяющие большое внимание развитию собственного животноводства (Вьетнам и Китай). Таким образом, исследование посвящено выявлению особенностей развития, определению динамики и структурных тенденций в экспортных поставках кормов и отходов пищевой промышленности, поиску возможных сценариев дальнейшего развития и повышению его отдачи как для Ставропольского региона, так и для Российской Федерации в целом.

Методология и методы исследования (Methods)

Вопросы теоретико-методологических аспектов развития экспортного потенциала отходов пищевой промышленности и кормов для животных на сегодня отработаны недостаточно полно, однако представляют собой часть более общей теоретико-методологической основы внешнеэкономической деятельности.

В исследовании используется комплекс аналитических и дескриптивных методов, позволяющих выявить, формализовать и квантировать имеющиеся экономические, организационные и институциональные связи в экспортной деятельности отходами пищевой промышленности и кормами для животных.

Эмпирическая база исследования основана на данных официальной статистики, систематизированных в статистических сборниках ФСГС России (Росстат), его территориальном отделении по Ставропольскому краю (ТО ФСГС Ставропольский край), данных Российского экспортного центра, Северо-Кавказского регионального таможенного

управления, интернет-источников [18], а также отдельных исследований автора, которые проводились с 2003 г.

Результаты (Results)

Экспортное направление по кормам и отходам в РФ остается одним из существенных секторов, однако объемы вывозимой продукции далеки от желаемых. Последние 6 лет по товарной группе «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в России наблюдается колебательный характер экспорта. В 2018 г. экспорт данной продукции снизился по сравнению с 2014 г. на 140 млн долларов США. Сложившейся динамике можно дать объяснение: среди основных причин – значительное падение продаж готового корма в странах СНГ и дальнего зарубежья, а также переход этих стран на самообеспечение данной продукцией (рис. 1).

Общий объем экспорта отходов пищевой промышленности и кормов для животных в России на начало 2019 г. составил 1090 млн долларов США (таблица 1). По сравнению с докризисным 2013 г. показатели экспорта увеличились на 5 %, или 40 млн долл. Рост показателей экспорта в 2018 году при сопоставлении с предыдущими годами был целиком определен увеличением спроса на корма и отходы пищевой промышленности, а также ценами на них [3, с. 87], [4]. Жмых от извлечения растительных масел или жиров в экспортной структуре в 2018 г. составил 26,4 %, или 288 млн долларов. На второй позиции находятся внешнеэкономические экспортные операции по реализации жмыха от извлечения соевого масла и отходы от производства крахмала, сахара, пивоварения. На третьем месте – отруби и прочие остатки от переработки злаков и продукты кормления для животных. Неустойчивость реализации на экспорт продукции масложировой отрасли коррелирует со спросом в странах ближнего и дальнего



Рис. 1. Динамика экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в РФ, млн долларов [18]

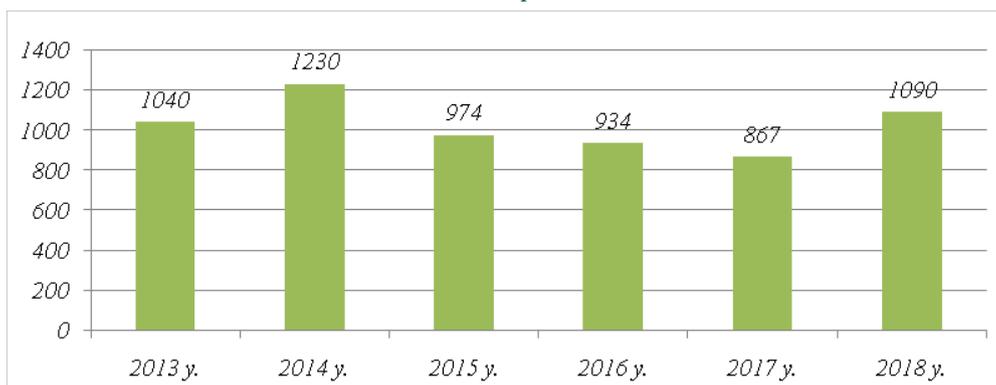


Fig. 1. Dynamics of export of the product group "Waste from the food industry and animal feed" in the Russian Federation, million USD

Таблица 1

Динамика стоимостного объема экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в РФ, млн долларов

Виды продукции	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Мука и гранулы из мяса, рыбы непригодные для употребления в пищу	72,6	71,9	95,0	76,2	74,0	88,3
Отруби и прочие остатки от переработки злаков	74,8	87,2	101,0	110,0	134,0	142,0
Остатки и отходы от производства крахмала, сахара, пивоварения	164,0	142,0	116,0	143,0	149,0	202,0
Жмых от извлечения соевого масла	127,0	316,0	226,0	202,0	142,0	206,0
Жмых от извлечения растительных масел или жиров	460,0	455,0	308,0	266,0	203,0	288,0
Виноградные выжимки	7,4	11,8	10,5	13,2	13,8	14,6
Продукты для кормления животных	137,0	146,0	117,0	124,0	133,0	146,0
Итого	1040,0	1230,0	974,0	934,0	867,0	1090,0

Table 1

Dynamics of the value of exports of the product group "Food industry waste and animal feed" in the Russian Federation, million USD

Types of products	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Meat flour and pellets, fish unfit for human consumption	72.6	71.9	95.0	76.2	74.0	88.3
Bran and other residues from cereal processing	74.8	87.2	101.0	110.0	134.0	142.0
Residues and waste from the production of starch, sugar, brewing	164.0	142.0	116.0	143.0	149.0	202.0
Oil cake from soybean oil extraction	127.0	316.0	226.0	202.0	142.0	206.0
Oil cake from the extraction of vegetable oils or fats	460.0	455.0	308.0	266.0	203.0	288.0
Grape pomace	7.4	11.8	10.5	13.2	13.8	14.6
Products for animal feeding	137.0	146.0	117.0	124.0	133.0	146.0
Total	1040.0	1230.0	974.0	934.0	867.0	1090.0

зарубежья [3, с. 88], [4]. Доля экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в общем экспорте товарной группы «Пищевые продукты, напитки, табак» колебалась в пределах от 18,6 % (наименьшая доля в 2017 г.) до 23,7 % (наибольшая доля в 2014 г.) (рис. 2).

Крупнейшими импортерами, потребляющими более 5 % всей российской продукции, в 2018 г. стали Турция, Латвия, Нидерланды, Беларусь, Казахстан и Китай (рис. 3). Среди стран Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока важнейшими партнерами Российской Федерации выступают Турция, Китай, Южная Корея.

На долю главных импортеров приходится около 70 % всего экспорта отходов пищевой промышленности и кормов для животных.

Участие российских регионов в экспортных операциях в торговле отходами пищевой промышленности и кормами имеет свои особенности и зависит от их специализации по производству данной продукции, которая отражается на качественных характеристиках и величине внешнеторговых потоков, сформированных под воздействием группы природных и социально-экономических факторов на определенном этапе развития хозяйства территории.

Первое место по экспортным показателям товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» закрепилось за Москвой (44 %), второе ме-

сто – за Санкт-Петербургом (6 %), Тюменская область экспортирует 4,5 % кормов. Ставропольский край занимает 43-ю строку по экспорту отходов пищевой промышленности и кормов.

В 2017 г. экспорт ставропольских кормов для животных увеличился на 39 % по сравнению с 2016 г. до объема 18 300 тыс. долларов США. Начиная с 2016 г. отрасль показывала рост объемов экспорта кормов (рис. 4), однако в 2018 г. произошел резкий спад. Общий объем экспорта товарной группы составил в Ставропольском крае в 2018 г. 5,1 млн долларов [3, с. 88], [4].

По сравнению с 2017 г. стоимостной объем экспортируемой Ставропольским краем продукции сократился примерно на 13,2 млн долларов (почти на 72 %).

Наибольший рост в 2017 г. по сравнению с 2016 г. показали остатки и отходы от производства крахмала, сахара, пивоварения (+49 %) (производство сахара в 2017 г. составило 121 176 тыс. тонн, по сравнению с 2016 г. превышение составило 100 %), жмых от извлечения растительных масел или жиров (+16 %), мука и гранулы из мяса, рыбы, непригодные для употребления в пищу (в 2,2 раза). Однако в 2018 г. произошел наибольший спад в поставках остатков и отходов от производства крахмала, сахара, пивоварения на 11,6 млн долларов, или на 85 %, а также жмых от извлечения растительных масел или жиров на 800 тыс. долларов (таблицы 2, 3).

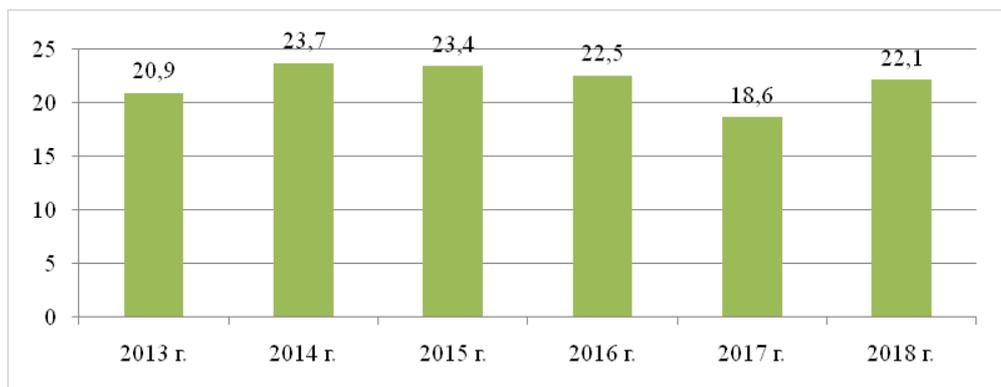


Рис. 2. Доля экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в общем экспорте товарной группы «Пищевые продукты, напитки, табак» в РФ, %



Fig. 2. The share of exports of the "Waste of the food industry and animal feed" product group in the total export of the "Food products, drinks, tobacco" product group in the Russian Federation, %

Реализация кормов и отходов пищевой промышленности в Ставропольском крае в основном осуществляется по нескольким территориальным направлениям с приоритетом на страны Ближнего Востока и Западной Европы. Так, экспортные поставки региона в 2018 г. были в основном ориентированы на такие страны Ближнего Востока, как Азербайджан, Армения, Грузия (свыше 45 %) (рис. 5), а среди стран Западной Европы лидером являлись Италия (26,1 %) и Испания (13 %) (таблица 4).

Однако в 2018 г. ситуация изменилась, и на первое место вышел Азербайджан (52 %) [3, с. 88], [4].

Подводя итоги развития экспорта в Ставропольском крае, можно отметить, что приоритетными странами-импортерами продукции товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» являются Азербайджан, Италия, Испания, Казахстан, Беларусь, Армения и Грузия (таблица 5).

Анализируя сценарии развития мирового рынка отходов пищевой промышленности и кормов, можно выделить возможности и угрозы для предприятий Ставропольского края, позволяющие выявить две потенциальных ниши для развития.

В оптимистичном сценарии развития предполагается:

- увеличить экспорт отходов пищевой промышленности и отходов;
- расширить возможности предпринимательских структур в производстве мяса;
- развивать животноводческий сектор за рубежом.

Основные риски:

- вспышки эпидемий в странах СНГ и Дальнего зарубежья;

- девальвация рубля может спровоцировать повышение стоимости импортных компонентов комбикормов и зарубежного оборудования;

- высокий удельный вес зерновых в рационах сельскохозяйственных животных;

- самообеспеченность животноводческих предприятий кормами собственного производства – гарантия снижения себестоимости.

В консервативном сценарии развития следует выделить:

- замедление развития сектора животноводства;
- насыщенность рынка;
- минимальный прирост внутреннего потребления за рубежом.

Ниши для увеличения экспорта на мировом рынке:

- рост готовой продукции для рыбной промышленности, для пушных зверей;
- производство компонентов: витамины, аминокислоты.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ состояния экспортного агропродовольственного сектора в Ставропольском крае и в России за период 2013–2018 гг. выявил ряд особенностей.

Первая – в среднем за указанный период доля экспорта отходов пищевой промышленности кормов для животных в общем экспорте товарной группы «Пищевые продукты, напитки, табак» в РФ составляла 22,1 % (1090 млн долл.). Причем в 2014 г. доля отходов превышала уровень 23 % (1230 млн долл.), но в последующие годы ситуация резко ухудшилась. Таким образом, экспорт отходов пищевой промышленности и кормов для животных выступает важным товарным сегментом в экономике АПК.

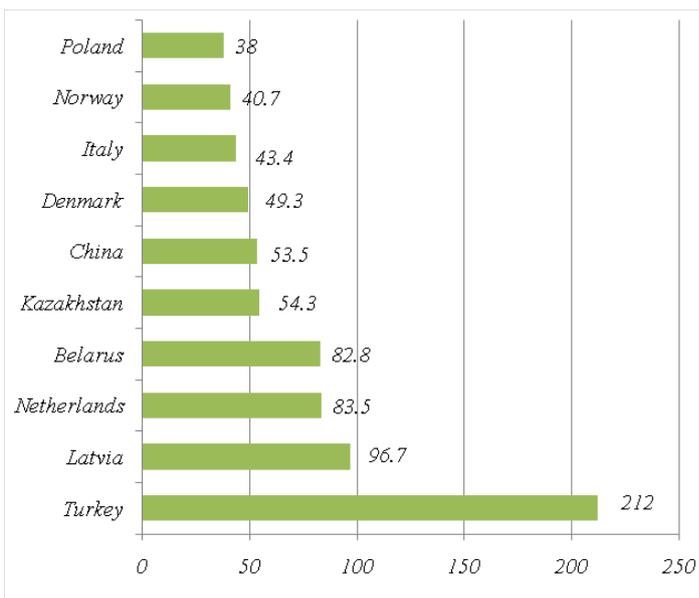
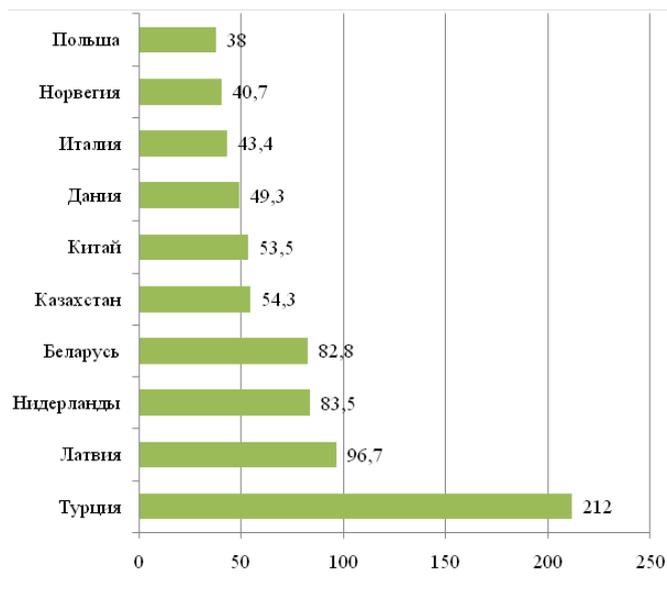


Рис. 3. Топ-10 импортеров товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в РФ в 2018 г., млн долл. [18]

Fig. 3. Top-10 importers of the food industry waste and animal feed product group in the Russian Federation in 2018, million USD

Таблица 2

Динамика стоимостного объема экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в Ставропольском крае, тыс. долл. [18]

Виды продукции	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Мука и гранулы из мяса, рыбы, непригодные для употребления в пищу	0	75,1	245	144	321	98
Отруби и прочие остатки от переработки злаков	426	219	1200	841	182	251
Остатки и отходы от производства крахмала, сахара, пивоварения	0	0	2200	9100	13 600	2000
Жмых от извлечения растительных масел или жиров	3600	3500	2500	2500	2900	2100
Продукты для кормления животных	3000	2700	175	506	706	403
Итого	7000	6500	6400	13 200	18 300	5100

Table 2

Dynamics of the value of exports of the "Food industry waste and animal feed" commodity group in the Stavropol territory, thousand USD

Types of products	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Meat flour and pellets, fish unfit for human consumption	0	75,1	245	144	321	98
Bran and other residues from cereal processing	426	219	1200	841	182	251
Residues and waste from the production of starch, sugar, brewing	0	0	2200	9100	13 600	2000
Oil cake from the extraction of vegetable oils or fats	3600	3500	2500	2500	2900	2100
Products for animal feeding	3000	2700	175	506	706	403
Total	7000	6500	6400	13 200	18 300	5100

Таблица 3

Структура экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в Ставропольском крае, %

Виды продукции	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Мука и гранулы из мяса, рыбы непригодные для употребления в пищу	0,0	1,2	3,8	1,1	1,8	1,9
Отруби и прочие остатки от переработки злаков	6,1	3,4	18,8	6,4	1,0	4,9
Остатки и отходы от производства крахмала, сахара, пивоварения	0,0	0,0	34,3	68,9	74,3	39,2
Жмых от извлечения растительных масел или жиров	51,4	53,8	39,1	18,9	15,8	41,2
Продукты для кормления животных	42,9	41,5	2,7	3,8	3,9	7,9
Итого	100	100	100	100	100	100

Table 3
The structure of exports of the product group “Waste from the food industry and animal feed”
in the Stavropol territory, %

Types of products	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Meat flour and pellets, fish unfit for human consumption	0,0	1.2	3.8	1.1	1.8	1.9
Bran and other residues from cereal processing	6.1	3.4	18.8	6.4	1.0	4.9
Residues and waste from the production of starch, sugar, brewing	0.0	0.0	34.3	68.9	74.3	39.2
Oil cake from the extraction of vegetable oils or fats	51.4	53.8	39.1	18.9	15.8	41.2
Products for animal feeding	42.9	41.5	2.7	3.8	3.9	7.9
Total	100	100	100	100	100	100

Таблица 4
Динамика и структура экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных»
по странам ближнего и дальнего зарубежья [18]

Товары	Стоимость экспорта, тыс. долл.						Структура, %					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Марокко	0,0	0,0	276	0,0	739	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	4,0	0,0
Армения	51,1	537	498	484	260	368	0,7	8,3	7,8	3,7	1,4	6,8
Турция	0,0	0,0	779	3100	1500	0,0	0,0	0,0	12,2	23,5	8,2	0,0
Азербайджан	2700	2600	2400	1600	2800	2000	38,6	40	37,5	12,1	15,3	29,3
Италия	0,0	0,0	100	3700	7200	1300	0,0	0,0	1,6	28,0	39,3	25,5
Испания	0,0	0,0	539	1300	2600	656	0,0	0,0	8,4	9,8	14,2	12,9
Беларусь	29,4	50	0,0	68,7	148	135	0,4	0,8	0,0	0,5	0,8	2,6
Казахстан	3000	2500	26,8	552	1600	504	42,9	38,5	0,4	4,2	8,7	9,9
Итого	7000	6500	6400	13200	18300	4100	100	100	100	100	100	100

Table 4
Dynamics and structure of exports of the product group “Waste from the food industry and animal feed”
by the countries of the near and far abroad, %

Products	Commodities export value, thousand USD						Structure, %					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Morocco	0.0	0.0	276	0.0	739	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	4.0	0.0
Armenia	51.1	537	498	484	260	368	0.7	8.3	7.8	3.7	1.4	6.8
Turkey	0.0	0.0	779	3100	1500	0.0	0.0	0.0	12.2	23.5	8.2	0.0
Azerbaijan	2700	2600	2400	1600	2800	2000	38.6	40	37.5	12.1	15.3	29.3
Italy	0.0	0.0	100	3700	7200	1300	0.0	0.0	1.6	28.0	39.3	25.5
Spain	0.0	0.0	539	1300	2600	656	0.0	0.0	8.4	9.8	14.2	12.9
Belarus	29.4	50	0.0	68.7	148	135	0.4	0.8	0.0	0.5	0.8	2.6
Kazakhstan	3000	2500	26.8	552	1600	504	42.9	38.5	0.4	4.2	8.7	9.9
Total	7000	6500	6400	13200	18300	4100	100	100	100	100	100	100

Таблица 5
Приоритетные географические направления экспорта товарной группы
«Отходы пищевой промышленности и корма для животных» из Ставропольского края [18]

Наименование продукции	Экспорт в 2018 г., тыс. долл.	В % к 2017 г.	Направления
Мука и гранулы из мяса, рыбы, непригодные для употребления в пищу	98	30,5	Армения – 76,3 тыс. долл. (77,9 %), Казахстан – 27,1 тыс. долл. (12,1 %)
Отруби и прочие остатки от переработки злаков	251	137,9	Армения – 243 тыс. долл. (97 %)
Остатки и отходы от производства крахмала, сахара, пивоварения	2000	14,7	Италия – 1,3 млн долл. (65 %), Испания – 656 тыс. долл. (33 %), Казахстан – 52,3 тыс. долл. (2,6 %)
Жмых от извлечения растительных масел или жиров	2100	72,4	Азербайджан – 2 млн долл. (95,2 %), Белоруссия – 33,3 тыс. долл. (1,6 %), Грузия – 25,8 тыс. долл. (1,2 %)
Продукты для кормления животных	403	57,1	Армения – 23,1 тыс. долл. (5,7 %), Казахстан – 269 тыс. долл. (66,7 %), Белоруссия – 102 тыс. долл. (25,3 %)
Итого	5100	27,9	Азербайджан, Италия, Испания, Казахстан, Армения, Беларусь, Грузия

Table 5
Priority geographic directions of export of the product group “Food industry waste and animal feed” from the Stavropol territory

Name of production	Export in 2018, thousand USD	% to 2017	Directions
Meat flour and pellets, fish unfit for human consumption	98	30.5	Armenia – 76.3 thousand USD (77.9 %), Kazakhstan – 27.1 thousand USD (12.1 %)
Bran and other residues from cereal processing	251	137.9	Armenia – 243 thousand USD (97 %)
Residues and waste from the production of starch, sugar, brewing	2000	14.7	Italy – 1.3 million USD (65 %), Spain – 656 thousand USD (33 %), Kazakhstan – 52.3 thousand USD (2,6%)
Oil cake from the extraction of vegetable oils or fats	2100	72.4	Azerbaijan – 2 million USD (95.2 %), Belarus – 33.3 thousand USD (1.6 %), Georgia – 25.8 thousand USD (1.2 %)
Products for animal feeding	403	57.1	Armenia – 23.1 thousand USD (5.7 %), Kazakhstan – 269 thousand USD (66.7 %), Belarus – 102 thousand USD (25.3 %)
Total	5100	27.9	Azerbaijan, Italy, Spain, Kazakhstan, Armenia, Belarus, Georgia

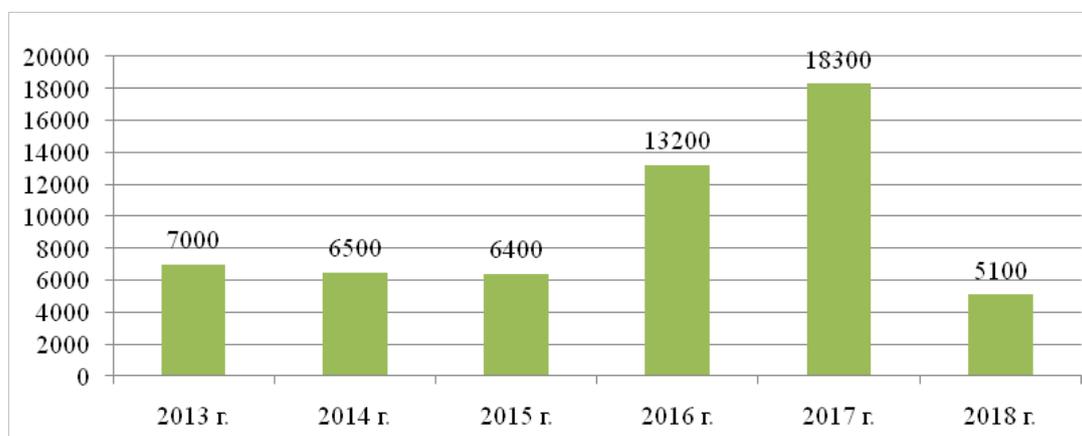


Рис. 4. Динамика изменений экспорта товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в Ставропольском крае, тыс. долл. [18]

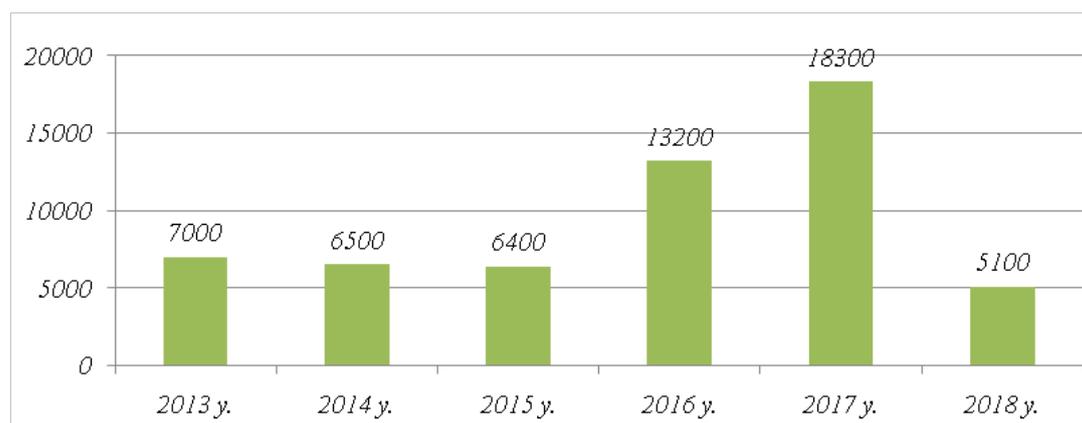


Fig. 4. Dynamics of changes in the export of the product group “Waste from the food industry and animal feed” in the Stavropol territory, thousand USD

Вторая – доминирующими группами в структуре экспорта отходов пищевой промышленности и кормов для животных в РФ выступали жмых от извлечения растительных масел и жиров (26,4 %), жмых от извлечения соевого масла (18,9%) и отходы от производства крахмала, сахара, пивоварения (18,5 %). Таким образом, на три указанных группы приходится почти 64 %.

Третья – за период с 2013 г. по 2018 г. экспорт отходов пищевой промышленности и кормов для животных в РФ производился в Турцию, Латвию, Нидерланды, Беларусь, Китай и Казахстан.

Четвертая – в Ставропольском крае товарная структура отходов пищевой промышленности и кормов для животных была аналогична общероссийской.

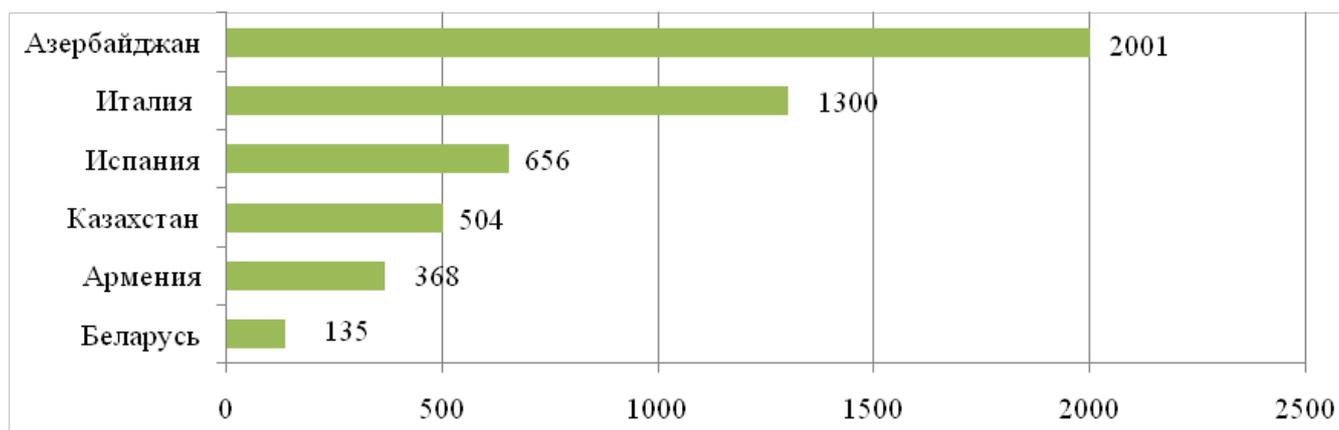


Рис. 5. Основные импортеры товарной группы «Отходы пищевой промышленности и корма для животных» в 2018 году, тыс. долл. [18]

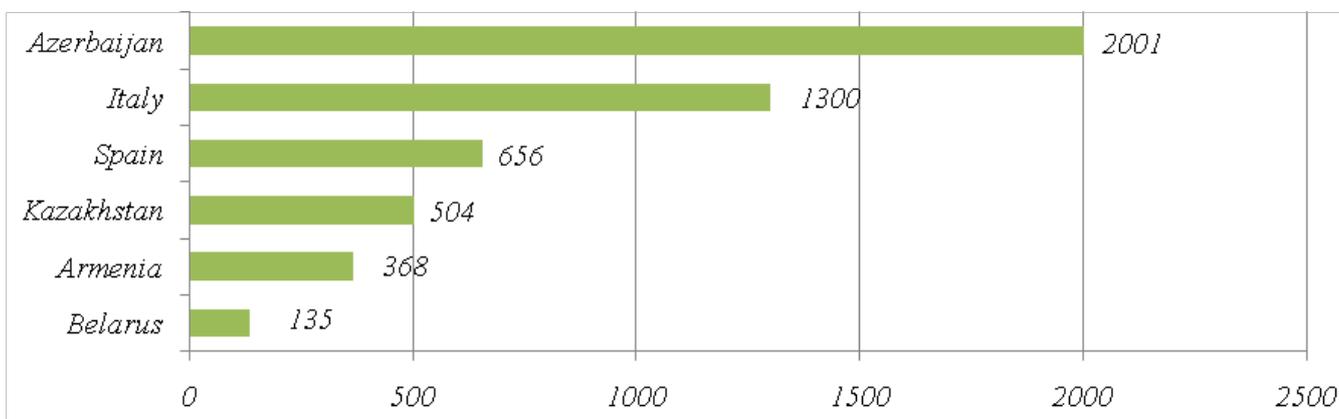


Fig. 5. Major importers of the food industry waste and animal feed product group in 2018, thousand USD

Пятая – формирование состава стран-импортеров этого сегмента на Ставрополье не похоже на общероссийские предприятия, так как покупателями отходов и кормов для животных в регионе выступают Азербайджан и Италия.

Обобщая результаты проведенного исследования, следует отметить, что возможен оптимистичный сценарий развития экспортного потенциала, при котором наращивание вывозимой продукции в Ставропольском крае допустимо только при реализации государственной поддержки производства и экспорта продукции.

Библиографический список

1. Бородин К. Г., Гончаров В. Д. Оценка структурных изменений в российском экспорте продукции АПК // Российский внешнеэкономический вестник. 2018. № 8. С. 48–69.
2. Воробьева Н. В., Пупынина Е. Г., Будагов Н. В. Особенности экспорта масложировой продукции в России и Ставропольском крае // Вестник Института дружбы народов Кавказа. 2020. № 1 (53). С. 35–43.
3. Воробьева Н. В., Сериков С. С., Будагов Н. В. Развитие внешней торговли России и Ставропольского края в условиях глобализации мирового рынка сахара // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. Т. 2. № 3 (99). С. 85–89.
4. Гятов А. В., Богацкая С. А., Житеева М. Х. Состояние и некоторые динамические и товарно-институциональные тенденции экспорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в КБР в 2005–2018 гг. // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 91–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-195-4-91-100.
5. Дедкова Е. Г., Гудков А. А., Быкова Е. В. Направления и формы государственной поддержки предприятий-экспортеров в России // Экономические отношения. 2018. Т. 8. № 2. С. 271–280. DOI:10.18334/eo.8.2.39103.
6. Добросоцкий В. И. Международная кооперация и экспорт в АПК: приоритет развития России // Проблемы теории и практики управления. 2019. № 7. С. 58–66.
7. Донник И. М., Воронин Б. А., Лоретц О. Г., Кот Е. М., Воронина Я. В. Российский АПК – от импорта сельскохозяйственной продукции к экспортно-ориентированному развитию // Аграрный вестник Урала. 2017. № 3 (57). С. 59–66.
8. Ковалева И. В. Перспективы развития внешнеэкономической деятельности сельского хозяйства в условиях реализации экспортной политики АПК // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 2. С. 77–81.
9. Крылатых Э. Н., Белова Т. Н. Экспорт российского зерна в контексте формирования региональной экономической политики // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 3. С. 778–790. DOI: 10.17059/2018-3-7.
10. Кундиус В. А., Ковалева И. В. Оценка развития экспортной политики агропромышленного комплекса России // Социально-экономический и гуманитарный журнал Красноярского ГАУ. 2019. № 1. С. 25–34.

11. Кушхова Б. А., Иванова З. М., Таусолтанов Х. М. Состояние и перспективы экспортного потенциала сельского хозяйства Северного Кавказа // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11 (190). С. 80–91. DOI: 10.32417/article_5dcd861ea87111.98018774.
12. Мальцев А. А. Пищевая промышленность РФ: новые возможности встроиться в экспортно-импортный оборот страны // Известия Уральского государственного экономического университета. 2016. № 2 (64). С. 99–113.
13. Неганова В. П., Чистякова Ю. Ф. Развитие продовольственной внешней торговли государств постсоветского пространства // Экономика региона. 2020. Т. 16. № 2. С. 597–611. DOI: 10.17059/2020-2-20.
14. Пантелеева О. И. Экспорт продукции АПК: сможет ли Россия стать одним из ведущих экспортеров в мире? // Среднерусский вестник общественных наук. 2018. Т. 13. С. 118–136. DOI: 10.22394/2071-2367-2018-13-3-118-136/
15. Паронян В. Х., Восканян О. С., Шленская Т. В. Основные научно-технические и стратегические направления развития масложировой отрасли // Экономика и управление. 2004. № 8. С. 24–26.
16. Тихомиров А. И. Экспорт животноводческой продукции: основные тенденции и факторы развития // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 6. С. 24–28.
17. Узун В. Я., Шагайда Н. И. Оценка влияния институциональных и структурных изменений на развитие аграрного сектора России // Вопросы экономики. 2019. № 4. С. 39–58. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-4-39-58.
18. Экспорт из России «Продукты животного происхождения» [Электронный ресурс] // Экспорт и импорт России по товарам и странам. URL: <https://ru-stat.com/date-M201701-201712/RU/export/world/01> (дата обращения: 10.07.2020).

Об авторах:

Воробьева Наталья Валерьевна¹, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Предпринимательство и мировая экономика», ORCID 0000-0002-2786-826X, AuthorID 616240; +7 906 465-24-92, vorobeveva1979@mail.ru

¹ Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

State and development scenarios for export of food industry waste and feed for animals in Russia and Stavropol territory

N. V. Vorobyeva¹✉

¹ Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ E-mail: vorobeveva1979@mail.ru

Abstract. The purpose of the work is to identify the main commodity-geographical trends in the development of the export potential of food and processing industry waste and animal feed in Russia and the Stavropol territory, on the basis of which to formulate scenarios for the development of exports of this segment in the world market. **The methodological basis** is a set of statistical, economic-mathematical and descriptive methods. The article examines the state, dynamic and structural trends in the export of food waste and animal feed in Russia and the Stavropol territory. **Results.** The trends of changes in the commodity-geographical structure of the export of food industry waste and animal feed in Russia and the Stavropol territory are revealed. It is concluded that there is an urgent need to expand the production and export of food waste and animal feed in the regions of the Russian Federation, which should be based on scenarios for the development of the world market, in combination with the established opportunities and threats for agro-oriented enterprises, in particular, allowing to identify several potential niches for commodity and territorial development of the Stavropol territory. **The novelty of the results.** Identified “empirical trends” in the implementation of the export potential of the Stavropol territory, consisting in increasing the volume of exports of traditional products in priority geographical areas, and representing new trends in the development of macro- and regional agro-industrial complex. The paper substantiates the growth of deliveries in the future according to the identified export targets of the product group “Waste from the food industry and animal feed” in the Stavropol territory (mainly to the CIS countries, Italy and Spain), as well as the need to form communications and logistics, allowing to form “an export-oriented platform” in the Stavropol economy.

Keywords: food industry waste and animal feed, Stavropol territory, Russia, export.

For citation: Vorobyeva N. V. Sostoyanie i stsenarii razvitiya eksporta otkhodov pishchevoy promyshlennosti i kormov dlya zhivotnykh v Rossii i Stavropol'skom krae [State and development scenarios for export of food industry waste and feed for animals in Russia and Stavropol territory] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-68-77. (In Russian.)

Paper submitted: 05.10.2020.

References

1. Borodin K. G., Goncharov V. D. Otsenka strukturnykh izmeneniy v rossiyskom eksporte produktsii APK [Assessment of structural changes in Russian exports of agricultural products] // Russian Foreign Economic Bulletin. 2018. No. 8. Pp. 48–69. (In Russian.)

2. Vorob'eva N. V., Pupynina E. G., Budagov N. V. Osobennosti eksporta maslozhirovoy produktsii v Rossii i Stavropol'skom krae [Features of the export of fat and oil products in Russia and the Stavropol territory] // Vestnik Instituta družby narodov Kavkaza. 2020. No. 1 (53). Pp. 35–43. (In Russian.)

3. Vorob'eva N. V., Serikov S. S., Budagov N. V. Razvitie vneshney torgovli Rossii i Stavropol'skogo kraia v usloviyakh globalizatsii mirovogo rynka sakhara [Development of foreign trade of Russia and the Stavropol Territory in the context of globalization of the world sugar market] // Economics and management: problems, solutions. Journal issues. 2020. Vol. 2. No. 3 (99). Pp. 85–90. (In Russian.)

4. Gyatov A. V., Bogatskaya S. A., Zhitteeva M. Kh. Sostoyanie i nekotorye dinamicheskie i tovarno-institutsional'nye tendentsii eksporta prodovol'stvennykh tovarov i sel'skokhozyaystvennogo syr'ya v KBR v 2005–2018 gg. [The state and some dynamic and commodity-institutional trends in the export of food products and agricultural raw materials in the KBR in 2005–2018] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 4 (195). Pp. 91–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-195-4-91-100. (In Russian.)

5. Dedkova E. G., Gudkov A. A., Bykova E. V. Napravleniya i formy gosudarstvennoy podderzhki predpriyatiy-eksporterov v Rossii [Directions and forms of state support for exporting enterprises in Russia] // Journal of International Economic Affairs. 2018. Vol. 8. No. 2. Pp. 271–280. DOI: 10.18334/eo.8.2.39103. (In Russian.)

6. Dobrosotskiy V. I., Mezhdunarodnaya kooperatsiya i eksport v APK: prioritet razvitiya Rossii [International cooperation and export to the agro-industrial complex: a priority for the development of Russia] // International journal of management theory and practice. 2019. No. 7. Pp. 58–66. (In Russian.)

7. Donnik I. M., Voronin B. A., Loretts O. G., Kot E. M., Voronina Ya. V. Rossiyskiy APK – ot importa sel'skokhozyaystvennoy produktsii k eksportno-orientirovannomu razvitiyu [Russian agro-industrial complex – from import of agricultural products to export-oriented development] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 3 (57). Pp. 59–66. (In Russian.)

8. Kovaleva I. V. Perspektivy razvitiya vneshneekonomicheskoy deyatel'nosti sel'skogo khozyaystva v usloviyakh realizatsii eksportnoy politiki APK [Prospects for the development of foreign economic activity of agriculture in the context of the implementation of the export policy of the agro-industrial complex] // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh iestestvennykh nauk. 2019. No. 2. Pp. 77–81. (In Russian.)

9. Krylatykh E. N., Belova T. N. Eksport rossiyskogo zerna v kontekste formirovaniya regional'noy ekonomicheskoy politiki [Export of Russian grain in the context of the formation of regional economic policy] // Economy of Region. 2018. T. 14. No. 3. Pp. 778–790. DOI: 10.17059/2018-3-7. (In Russian.)

10. Kundius V. A., Kovaleva I. V. Otsenka razvitiya eksportnoy politiki agropromyshlennogo kompleksa Rossii [Assessment of the development of export policy of the agro-industrial complex of Russia] // Social and Economic and Humanitarian Magazine of Krasnoyarsk SAU. 2019. No. 1. Pp. 25–34. (In Russian.)

11. Kushkhova B. A., Ivanova Z. M., Tausoltanov Kh. M. Sostoyanie i perspektivy eksportnogo potentsiala sel'skogo khozyaystva Severnogo Kavkaza [State and prospects of the export potential of agriculture in the North Caucasus] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 11 (190). Pp. 80–91. DOI: 10.32417/article_5dcd861ea87111.98018774. (In Russian.)

12. Mal'tsev A. A. Pishchevaya promyshlennost' RF: novye vozmozhnosti vstroit'sya v eksportno-importnyy oborot strany [Food industry in the Russian Federation: new opportunities to integrate into the country's export-import turnover] // Journal of the Ural State University of Economics. 2016. No. 2. (64). Pp. 99–113. (In Russian.)

13. Neganova V. P., Chistyakova Yu. F. Razvitie prodovol'stvennoy vneshney torgovli gosudarstv postsovetskogo prostranstva [Development of food foreign trade of the post-Soviet states] // Economy of Region. 2020. T. 16. No. 2. Pp. 597–611. DOI: 10.17059/2020-2-20. (In Russian.)

14. Panteleeva O. I. Eksport produktsii APK: smozhet li Rossiya stat' odnim iz vedushchikh eksporterov v mire? [Export of agricultural products: can Russia become one of the leading exporters in the world?] // Central Russian Journal of Social Sciences. 2018. T. 13. No. 3. Pp. 118–136. DOI: 10.22394/2071–2367–2018–13–3–118–136. (In Russian.)

15. Paronyan V. Kh., Voskanyan O. S., Shlenskaya T. V. Osnovnye nauchno-tekhnicheskie i strategicheskie napravleniya razvitiya maslozhirovoy otrasli [The main scientific, technical and strategic directions for the development of the fat and oil industry] // Economics and Management. 2004. No. 8. Pp. 24–26. (In Russian.)

16. Tikhomirov A. I. Eksport zhivotnovodcheskoy produktsii: osnovnye tendentsii i faktory razvitiya [Export of livestock products: main trends and development factors] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2018. No. 6. Pp. 24–28. (In Russian.)

17. Uzun V. Ya., Shagayda N. I. Otsenka vliyaniya institutsional'nykh i strukturnykh izmeneniy na razvitie agrarnogo sektora Rossii [Assessment of the impact of institutional and structural changes on the development of the agricultural sector in Russia] // Economic issues. 2019. No. 4. Pp. 39–58. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-4-39-58. (In Russian.)

18. Eksport iz Rossii “Produkty zhivotnogo proiskhozhdeniya” [Export from Russia “Products of animal origin”] [e-resource] // Eksport i import Rossii po tovaram i stranam. URL: <https://ru-stat.com/date-M201701-201712/RU/export/world/01> (appeal date: 10.07.2020). (In Russian.)

Authors' information:

Natalya V. Vorobyeva¹, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of chair “Business and world economy”, ORCID 0000-0002-2786-826X, AuthorID 616240; +7 906 465-24-92, vorobeveva1979@mail.ru

¹ Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Strategy of development and export potential of the grain complex of Russia. Regional aspect

B. A. Voronin¹, M. Yu. Karpukhin¹, I. P. Chupina^{1✉}, Ya. V. Voronina¹

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: irinacupina716@gmail.com

Abstract. Grain production and legal regulation of this industry are of paramount importance for the food security of the country. Therefore, **the purpose** of this study is to analyze the adopted laws and regulations governing relations in the field of grain and its processed products, as well as the state of grain growing in Sverdlovsk region. The article uses **the methods** of analysis and synthesis, the method of generalization, the method of environmental forecasting, as well as the method of strategic planning. **The results** of this article are based on the fact that the Law of the Russian Federation No. 4973-1 “On grain”, adopted on 14 May 1993 (currently not in full force), established in the first article that grain is a national treasure of the Russian Federation, one of the main factors of economic stability. By decree of Government of Russian Federation No. 491 of 4 August 2005, state control over the quality and safety of grain, mixed feed and components for their production, as well as by-products of grain processing, is assigned to Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Supervision. **The scientific novelty** lies in the fact that the law “On grain” has not become the main integrated legal act in the complex regulating relations in the field of grain growing. Therefore, at present, the most important legal act is the long-term strategy for the development of the grain complex of Russian Federation until 2035, which, according to the authors, should consider the organizational and economic mechanisms for the production of the grain complex in close interconnection, where high-quality grain should be provided with appropriate technologies at all stages of its production, as well as during transportation, storage and processing. **Keywords:** grain, grain processing product, legal regulation, state control and supervision, state grain inspection, technological regulations and long-term strategy.

For citation: Voronin B. A., Karpukhin M. Yu., Chupina I. P., Voronina Ya. V. Strategy of development and export potential of the grain complex of Russia. Regional aspect // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 78–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-78-82.

Paper submitted: 27.10.2020.

Introduction

Grain growing is one of the most important subsectors of agriculture, providing the country's population with bread, bakery products, cereals, flour and other grain products. Grain is of great importance in the production of compound feed for agricultural animal husbandry.

As a result of the land and agrarian reform since 1990, the grain problem in the Russian Federation has sharply exacerbated, which led to a shortage of bread, cereals, flour and other products related to grain.

Methods

The theoretical and methodological basis was formed by a systematic approach to the study of the studied problem of grain growing in Russia and abroad. This work uses the provisions contained in Russian legislation, decrees of the President of Russia and other regulatory government acts.

In the process of studying and processing the used information sources in the analysis and synthesis, a combination of the generalization method, the environmental forecasting method, and the strategic planning method was used.

Results

Grain growing is one of the most important subsectors of agriculture, providing the population of the country with

bread, bakery products, cereals, flour and other products of grain processing. Grain is of great importance in the production of compound feed for agricultural animal husbandry.

As a result of the land and agrarian reform since 1990, the grain problem in the Russian Federation has sharply aggravated, which led to a shortage of bread, cereals, flour and other products related to grain.

Reforms under open administrative pressure of stably operating state and collective farms and their transformation into new organizational and legal forms of management in the agricultural sector of the economy led to a crisis in agricultural production and a noticeable decrease in the number of agricultural organizations. Taken together, all this affected the fact that Russia began to purchase grain and products of its processing by import, this also affected the number of agricultural organizations and personal subsidiary farms of citizens. In confirmation of the latter, data are provided for the Sverdlovsk region

Understanding the current situation with grain and its processed products, the state adopted a special law “On Grain” and several bylaws aimed at regulating relations in the field of grain growing.

Table 1
Main indicators of agriculture in the Sverdlovsk region

Cattle (thousand heads)	1990	2020
Cows, thousand heads	344.0	116.8
Pigs, thousand heads	606.3	341.1
Sheep and goats, thousand heads	96.0	57.2

* Data of the territorial department of state statistics for the Sverdlovsk region.

Table 2
Main indicators of agriculture in the Sverdlovsk region

Gross harvest of grain crops	1990	2019
Gross harvest of grain and leguminous crops, thousand tons	1088.3	701.8
Grain yield, c/ha	15.3	22.4

* Data of the territorial department of state statistics for the Sverdlovsk region.

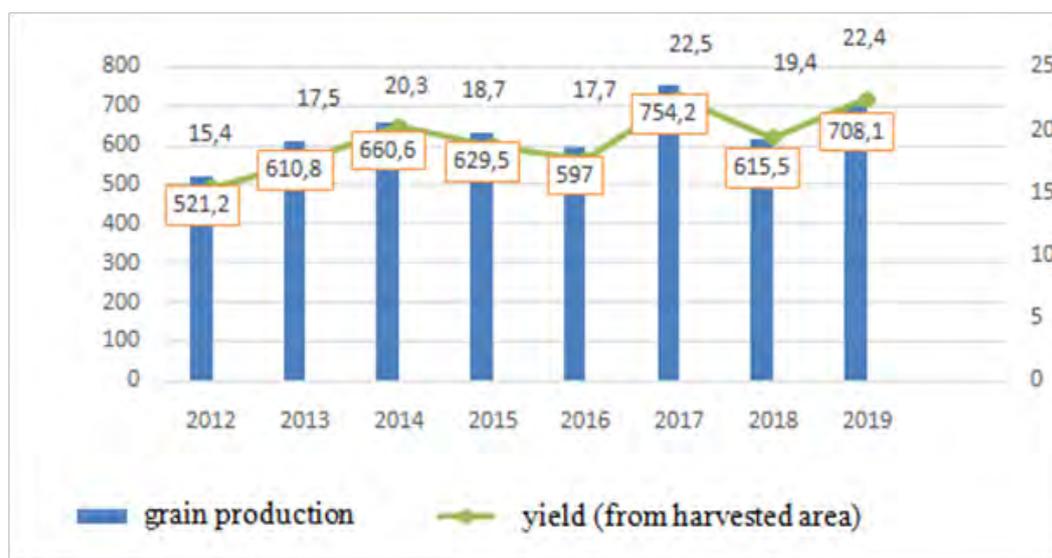


Fig. 1. Volumes of production and grain yield in farms of all categories in the Sverdlovsk region (data from the bulletin of the Ministry of Agro industrial Complex and Consumer Market of the Sverdlovsk Region, 2019)

In addition to purely production tasks for the maintenance, and even more so for an increase in the production of grain crops, there were problems with grain storage facilities, elevators and other infrastructure facilities related to the storage and processing of grain products, since many facilities were destroyed and plundered during uncontrolled privatization. Until 1990, grain warehouses and other infrastructural facilities of the farm functioned in each state or collective farms; there were elevators, mills for grinding grain for fodder for livestock and poultry. All this was sold overnight, and a problem arose – where to store the received grain, its benefit became less, since by half, and in some places at all, there was no public livestock and poultry farming.

In the same Sverdlovsk region, by 1990, 37 poultry farms and poultry farms functioned, in which there were grain infrastructure facilities and, naturally, grain was grown and (or) purchased for feed needs. As you can see, the need for grain for the production of fodder for livestock and poultry farming on the farms of the Sverdlovsk region has significantly decreased and affected the volume of grain production.

Comparative analysis with 1990 indicates a decrease in the production of grain and leguminous crops. Let us give the volume of production and grain yield in farms of all categories, where the small rates of development of grain growing in the Sverdlovsk region in recent years are confirmed [2].

In terms of climatic conditions, the territory of the Sverdlovsk Region is not successful in terms of growing grain crops. Podzolic soils prevail here. Humus contains no more than 5.13 %. The share of arable land in the region is approximately 15 % of all areas. It ranks 36th among other regions of the country in terms of production of winter and spring wheat. The production of oats, the region occupies 15th among other regions.

For the production of rye, the Sverdlovsk region is in 24th place among other regions. Triticale is also produced in the Sverdlovsk Region. Triticale is also produced in the Sverdlovsk Region. The collection volumes of winter and spring triticale averaged 2.8 thousand tons. This is about 0.5 % of the total harvest of this crop in Russia as a whole. The Sverdlovsk region takes 38th place in the disposal of this culture.

The grain industry can only develop with the support of the state, which influences the market through government purchases. Through state structures, the formation of state reserves and regional funds in the field of grain growing takes place. The stability of the entire agro-industrial complex primarily depends on the grain market.

If earlier, as already mentioned in this article, Russia bought grain from other countries, then during the period of economic sanctions the consequences would have been the most negative. Moreover, the Sverdlovsk region cannot be called developed for the production of grain crops [7].

For the production of high-quality grain, large financial investments is required, therefore the role of the state is very important, since this process cannot be launched without a stable demand for grain products.

If you look at the statistics of the Ural Federal District, then only up to 5 million tons of grain is produced here, while in the Southern Federal District more than 36 million tons, in the Volga region – up to 30 million tons, in the North Caucasian District and in Siberia up to 18 million tons. Of the 4 regions of the Ural Federal District, Chelyabinsk and Kurgan regions are in first place – they produce 2 million tons of grain each, the Tyumen region produces 1.5 million tons, but the Sverdlovsk region only 0.6 million tons. Therefore, the region is dependent on other regions for grain, although livestock and poultry farming is developed here. We can say that the threshold of food security in the Sverdlovsk region is critical for grain.

There are no significant prospects for the grain market yet. Therefore, crops and leguminous crops in the region are declining, and there is a reduction in agricultural machinery in agricultural enterprises [10].

If earlier there were certain standards, where each farm was obliged to hand over a certain amount of grain to the state, now this is not the case, and the exchange form appeared to replace the state regulation of grain.

Grain as a commodity for exchange trading is only being mastered, but this has already made a certain contribution. Since 2017, the yield in some farms in the Sverdlovsk region has reached from 30 to 40 c/ha. This is the Irbitskiy district, Kamenskiy, when the average regional volume was 18 c/ha. The reduction of agricultural machinery is also of great importance. In recent years, the region has seen a decrease in tractors by more than 1,000 units, grain harvesters by 200 units. Of course, new modern technology appears to replace the old one. But one new harvester cannot replace ten old ones.

The application of mineral fertilizers should be especially noted. If in the USA and Canada 240 kg of fertilizers are applied per hectare, and in China even twice as much as in the USA and Canada, then in Russia only 28 kg.

There are also problems with grain safety. More than 70 % of the grain is stored in conditions that do not meet the standards, i.e. stored outdoor in hangars of farms. Not all elevators meet modern requirements. Concrete elevators can provide the best preservation of grain, based on research by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Only ¼ part of all grain grown in the region is stored on elevators in the region. The rest of the grain is stored on farms.

And when harvesting grain in the fields, it is lost up to 4–6 %. The Sverdlovsk Region produces on average up to 70 thousand tons of food grain, and consumes up to 400 thousand tons.

So far, only individual farms of the region can be cited as examples. The leader here is the Ural collective farm. The highest grain yield is in the Kilachevsky agricultural enterprise – 54 c/ha. Here they grow wheat of the Zlata variety, which has proven itself well. Also, the new wheat variety “Likamero” gave 82 c/ha.

Despite the use of imported seed, as well as seeds of the elite class of domestic breeding, in general, the yield of grain and leguminous crops is still far from foreign agriculture. Ap-

parently, the reason here lies in the organizational and economic mechanisms. High-quality grain should be provided with appropriate technologies at all stages of its production, as well as during transportation, storage and processing. All these conditions are defined in the law “On grain” and by-laws governing relations in this area.

The Law “On Grain”, as mentioned above, did not become the main integrated legal act in the complex regulating relations in the field of grain growing, since its individual norms were not developed in a market economy, and other areas required the adoption of additional legislative and other legal acts. For example, a special law “On state supervision and control over the quality and safety of grain and its processed products” or the decree of the President of the Russian Federation № 2280 of December 24, 1993 was adopted. “On the liberalization of the grain market in Russia” and other bylaws. Although, according to the rules of legal technique, the listed acts and others could be in the structure of the Law “On Grain” or it would be possible to develop and adopt a separate set of legal acts regulated in the complex of relations in the field of grain and its processed products. As a result, many additional normative legal acts have been adopted today, which are separately aimed at regulating relations in the field of grain growing. Currently, the most important legal act is the Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2035 [1]. The strategy is the basis for the development of state programs of the Russian Federation and other strategic planning documents stipulated by the legislation of the Russian Federation, containing measures aimed at developing the grain complex. The strategy is a industry document of the strategic planning of the Russian Federation in the grain sector, defining the priorities, goals and objectives of public administration and ensuring the food security of the Russian Federation, ways to effectively achieve and solve them comprehensively.

The Strategy defines that the grain complex of the Russian Federation is a combination of sub-sectors of agriculture, food and processing industry, transport, wholesale and retail trade, providing production, transportation, storage, processing and sale of grain and grain legumes and products of their processing in the domestic and foreign markets [17].

It is very good that government bodies are concerned about the development of the largest and most socially significant sub-sector of agriculture in the future. The list of directions for the development of the country’s grain complex, defined in the Long-term strategy, involves the organization of serious and responsible work, scientists, specialists, agricultural entrepreneurs and partners in the agro-industrial complex. Great importance is attached to the export of grain, primarily to the states that are members of the Customs Union. The legal document here is the customs regulations of the Customs Union TR CU 015/2011 “On the safety of grain”, approved by the decision of the Customs Union Commission of December 9, 2011 № 874.

This technical regulation applies to grain released into circulation in the common customs territory of the Customs Union, used for food and feed purposes.

This technological regulation does not apply to grain intended for seed purposes, grain processing products.

The technical regulation establishes the requirements for grain and related requirements for the processes of production, storage, transportation, sale and disposal of grain, binding for application and execution in the unified customs territory of the Customs Union, in order to protect human life and health, property, environment, life and animal and plant health, as well as prevention of actions that mislead grain consumers [16].

The Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2035 provides a detailed analysis of the internal and external environment of the grain complex of the Russian Federation, which analyzes the factors of the internal and external environment related to the strengths of the grain complex of the Russian Federation, as well as the factors of the internal and external environment related to weaknesses of the grain complex of the Russian Federation. According to the factors considered, the strong and weak environments are practically equal, although in terms of the content and direction of impact on the development of the grain complex, many of the indicated factors will require significant financial resources and time to implement.

Discussion and Conclusion

An analysis of the laws and other legal acts given in the article that regulate grain growing in modern Russia shows that, in the aggregate, the problems of grain and its processed products, when in demand in the domestic and foreign markets, have not yet been fully resolved. The yield of grain crops

is still not high in comparison with European countries and, especially, the United States, Canada and other world grain-growing countries: the reasons are that the rate of increase in yield on average in Russia does not grow in part. For example, in the Sverdlovsk region, since 1990, the yield has varied within 12–18 c/ha. Although there are individual farms where the yield reaches 40–50 c/ha. This is achieved by the quality of seeds of grain and leguminous crops, timely change of variety and variety renewal, the use of effective technologies and good organization of agriculture and grain growing. As Academician A. A. Zhuchenko notes [3]. “The priority direction of grain farming in our country opens up not only great opportunities for the successful functioning of all branches of the agro-industrial complex and, first of all, animal husbandry, but also for achieving the most efficient use of the agro-climatic potential of most of the country's agricultural territories”.

July 21, 2020 President of the Russian Federation V. V. Putin signed the Decree “On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030”. Among the national goals is ensuring food security and stable export of grain and its processed products, which means that the Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2035 should organically flow into the general list of national goals and must be fulfilled. We only need the effective organizational, legal and economic mechanisms for its implementation.

References

1. Rasporiyazhenie Pravitel'stva RF ot 10 avgusta 2019 g. No. 1796-r [Long-term strategy for the development of the grain complex of Russian Federation until 2035. Approved by the decree of Government of Russian Federation No. 1796-r dated 10 August 2019] [e-resource]. URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72522534/?_utl_t=vk (appeal date: 09.10.2020). (In Russian.)
2. Gumerov R. R. Rossiyskiy zernovoy eksport: ne povtoryat' oshibok proshlogo [Russian grain exports: not to repeat the mistakes of the past] // The all-Russian ECO Journal. 2017. No. 1. Pp. 5–19. (In Russian.)
3. Garmashov V. M., Kornilov I. M., Nuzhnaya N. A., Govorov V. N., Kryachkova M. P. Methods for improving the quality of winter wheat grain // AgroForum. 2019. No. 1. Pp. 42–44.
4. Grebennikov A. M., Frid A. S., Saprykin S. V., Cheverdin Yu. I. Vliyaniye primeneniya razlichnykh sposobov osnovnoy obrabotki na zapasy produktivnoy vlagi v agrochernozemakh [The influence of the use of various methods of basic processing on the reserves of productive moisture in agrochernozems] // Agrochemistry. 2019. No. 8. Pp. 40–47. (In Russian.)
5. Deinekin S. A. Analiz kachestva zerna liniy ozimoy rzhi, vydelyvshikh po zakrepitel'noy sposobnosti [Analysis of the grain quality of winter rye lines, distinguished by the fixing ability] // Central Scientific Bulletin. 2019. No. 13. Pp. 4–6. (In Russian.)
6. Derbeneva E. V. Polushkina T. M. Sravnitel'nyy analiz zarubezhnogo i rossiyskogo opyta organizatsii ispol'zovaniya sel'skokhozyaystvennykh zemel' [Comparative analysis of foreign and Russian experience in organizing the use of agricultural land] // Scientific Review. Economic sciences. 2016. No. 6. Pp. 51–54. (In Russian.)
7. Dorokhov B. A., Vasilyeva N. M. Sovremennyye pogodnyye usloviya i ikh vozdeystvie na khozyaystvennyye pokazateli ozimoy pshenitsy [Modern weather conditions and their impact on economic indicators of winter wheat] // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. No. 11-2 (38). Pp. 106–111. (In Russian.)
8. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Pakhotina I. V. Zavisimost' urozhaynosti i kachestva zerna tverdoy yarovoy pshenitsy ot meteorologicheskikh faktorov v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Dependence of yield and grain quality of durum spring wheat on meteorological factors in the southern forest-steppe of western Siberia] // Grain economy of Russia. 2020. No. 5. Pp. 26–31. (In Russian.)
9. Kostrova Yu. B., Shibarshina O. Yu. Analiz i perspektivy razvitiya zernovogo rynka v RF [Analysis and prospects for the development of the grain market in the Russian Federation] // Azimuth of scientific research: economics and management. 2018. Vol. 7. No. 2. P. 177. (In Russian.)
10. Krivobochechek V. G., Statsenko A. P., Goreshnik I. D., Kapustin D. A., Yurova Yu. A. Fermentnyye sistemy v otsenke zakhvostoychivosti yarovoy pshenitsy [Enzyme systems in assessing drought resistance of spring wheat] // Agrarian scientific journal. 2015. No. 7. Pp. 23–26. (In Russian.)

11. Malokostova E. I., Pivovarova I. Yu., Popova A. V. Otsenka selektsionnykh liniy i sortov yarovoy pshenitsy po selektsionnym indeksam [Assessment of breeding lines and varieties of spring wheat by breeding indices] // Bulletin of Michurinsky GAU. 2019. No. 1. Pp. 24–27. (In Russian.)
12. Piskareva L. A., Bocharnikova E. G. Izmenenie struktury i urozhaynosti ozimoy pshenitsy pod vliyaniem agrokhimikatov na razlichnykh urovnyakh udobrennosti [Changes in the structure and yield of winter wheat under the influence of agrochemicals at different levels of fertilization] // Central Scientific Bulletin. 2019. No. 9 (74). Pp. 7–8. (In Russian.)
13. Popov A. S. Sroki poseva tverdoy ozimoy pshenitsy [Sowing dates for durum winter wheat] // Grain economy of Russia. 2019. No. 6. Pp. 28–32. (In Russian.)
14. Turusov V. I., Garmashov V. M. Prognozy na urozhay 2019 goda [Predictions for the 2019 harvest] // Voronezh Agrovestnik. 2019. No. 7 (196). Pp. 25–27. (In Russian.)
15. Filippov E. T., Dontsova A. A., Bragin R. N. Otsenka pokazateley adaptivnosti sortov ozimogo yachmenya v usloviyakh yuga Rossii [Assessment of indicators of adaptability of varieties of winter barley in the south of Russia] // Grain economy of Russia. 2019. No. 4. Pp. 14–18. (In Russian.)
16. Voronin B. A., Chupina I. P., Kot E. M., Mokronosov A. G. Consequences of Economic Sanctions For Food Security of Russia // International journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). Vol. 9. Iss. 1. Pp. 1023–1028.
17. Chupina I. P. Problemy ekologicheskoy bezopasnosti v Rossii [The problems of ecological safety in Russia] // Global challenges of contemporary issues: collection of scientific articles. Paris, France, 2018. Pp. 34–37. (In Russian.)

Authors' information:

Boris A. Voronin¹, doctor of law, professor, director of the Research institute of agrarian and environmental problems and agricultural management, ORCID 0000-0002-0912-7839, AuthorID 574258; +7 (343) 221-40-47

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

Irina P. Chupina¹, doctor of economic sciences, professor of the department of management and law, ORCID 0000-0003-2875-3306, AuthorID 648263; +7 (343) 221-41-12

Yana V. Voronina¹, candidate of economic sciences, associate professor of the department of management and law, ORCID 0000-0002-4271-6264, AuthorID 874832; +7 (343) 221-41-12

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Исследование бюджетных рисков: процессный подход

Е. М. Кот^{1✉}, Т. В. Зырянова¹, О. Е. Терехова¹

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: ktekaterina@rambler.ru

Аннотация. Основой построения рыночной экономики всегда являлась конкурентоспособность. В современных условиях таким качеством должны обладать и учреждения бюджетного сектора. Трансформация экономико-финансовых аспектов бюджетного сектора, включая образовательные учреждения, направлена на создание конкурентной борьбы среди образовательных учреждений для повышения качества образовательного процесса, научных исследований, на привлечение будущих студентов, что влияет на получение финансового обеспечения со стороны бюджетов всех уровней (в зависимости от подчиненности). Для эффективного управления изменениями бюджетные организации адаптируют к своей структуре и деятельности различные системы управления, зачастую заимствованные из коммерческой сферы деятельности. Одной из них является система риск-менеджмента, ориентированная на управление позитивными, негативными и гибридными рисками. Существующие стандарты управления рисками рассматривают риск именно с этих позиций. **Цель работы** – исследование бюджетных рисков с точки зрения процессного подхода, оценка и взаимосвязь стадий бюджетного процесса и рисков. **Новизна** данной работы состоит в применении риск-ориентированного мышления для достижения результативности системы менеджмента качества бюджетных процессов. **Методы.** Методический аппарат исследований по заявленной проблеме основан на методах экономического и сравнительного анализа, экспертных оценок. **Результаты.** По результатам исследования выявлены четкая взаимосвязь и отражение основных принципов процессного подхода в бюджетном процессе. Кроме того, определено, что бюджетному процессу также присущи характерные ключевые элементы процессного подхода. Меры по предотвращению бюджетных рисков принимают совместно владелец и участники бюджетного процесса, используя при этом необходимые ресурсы и руководствуясь соответствующими принципами, тогда как координатор, отвечающий за согласованную работу участников процесса и обеспечивающий сохранность и своевременное представление всей потенциально полезной информации, играет ключевую роль в предупреждении и минимизации рисков бюджетного процесса.

Ключевые слова: процессный подход, бюджетные риски, система менеджмента качества, бюджетные процессы.

Для цитирования: Кот Е. М., Зырянова Т. В., Терехова О. Е. Исследование бюджетных рисков: процессный подход // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 83–93. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-83-93.

Дата поступления статьи: 10.11.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Преобразования, происходящие в бюджетном секторе экономики, к которому преимущественно и относятся образовательные учреждения, направлены на формирование конкурентной среды в образовательных учреждениях, в которой они должны бороться за победу в конкурсе на выполнение государственного задания, за абитуриентов, за репутацию и в итоге за бюджетное финансирование.

Действия, осуществляемые учреждением в достижении необходимых целевых параметров, в том числе в конкуренции с другими образовательными организациями, приводят к событиям и последствиям, которые могут представлять собой как потенциальные положительные возможности, так и «опасности» для него. И в этой ситуации на передний план выходят различные системы управления, зачастую заимствованные из коммерческой сферы деятельности, например, строительство, перевозки и другие [9–13]. Одной из них является система риск-менеджмента, включающая в современной трактовке как положительный и негативный характер риска, так и его гибридную составляющую. Существующие стандарты

управления рисками рассматривают риск именно с этих позиций.

Стоит отметить, что с внедрением бюджетного управления и риск-ориентированного подхода в отдельных университетах были достигнуты некоторые хорошие результаты. Однако в процессе работы возникает ряд проблем: например, как определить риски в ходе реализации проекта, финансируемого за счет бюджетных средств, и оценить уровень риска, а затем эффективно принять меры. Это обуславливает потребность раннего предупреждения бюджетных рисков в вузах. Анализ потенциальных рисков, их изучение, классификация и связь с процессами могут быть использованы в вузах при управлении бюджетными процессами, чтобы административно-управленческий персонал мог своевременно выявлять факторы риска и принимать превентивные меры [7], [8].

Методология и методы исследования (Methods)

Основным документом, определяющим бюджетные правоотношения, является Бюджетный кодекс Российской Федерации. Однако данный документ не дает точного определения бюджетного риска. В свою очередь, в

Приказе Минфина России от 21.11.2019 № 196н понятие «бюджетный риск» закрепляется как возможное событие, негативно влияющее на результат выполнения бюджетной процедуры, в том числе на операцию (действие) по выполнению бюджетной процедуры, а также на качество финансового менеджмента главного администратора (администратора) бюджетных средств. В Методических рекомендациях органам государственной власти субъектов Российской Федерации по долгосрочному бюджетному планированию под бюджетным риском понимается стоимостная оценка изменения доходов, расходов бюджетов, показателей долговой нагрузки субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, а также располагаемых резервов, наступающая с определенной вероятностью, в конкретном периоде, по сравнению с наиболее вероятным, ожидаемым вариантом прогноза данных показателей [3]. Из данных определений мы видим, что единого толкования данной категории нет.

В экономической литературе приведено также множество трактовок данного понятия на основе исследований различных ученых.

В. В. Гамукин в своем труде «Бюджетные риски: среда, система, случай» связывает бюджетный риск с бюджетным планированием, с влиянием тех или иных рисков событий на выполнение бюджетных показателей. По его мнению, все структурные элементы такой категории, как «бюджет», в равной степени могут быть использованы в качестве объектов для возникновения риска. В. В. Гамукин указывает на «регламентированный характер бюджетных отношений, что создает иллюзию непоколебимости плана и неизбежности его исполнения в том виде, какой установлен законом или решением о бюджете. Поэтому возникновение риска в области бюджета возможно только в случае ситуации, предвидение, появление, изменение и нейтрализация которой не находятся во власти человека (к таковой можно отнести природную катастрофу). Все же прочие рискованные обстоятельства, возникающие благодаря деятельности человека (хозяйственные, экономические, финансовые, валютно-денежные и др.), как правило, не должны возникнуть стихийно, а если и возникают, то в соответствии с установленным планом и, следовательно, перестают быть рисковыми» [4].

Таблица 1
Характеристики бюджетного риска

Наименование характеристики	Значение
Источник возникновения	Конкретный фактор, показатель, оказывающий значимое и измеримое воздействие на основные характеристики бюджета. Например, речь идет о прогнозируемом фонде оплаты труда, уровне инфляции
Управляемость	Степень воздействия, соответственно, органов государственной власти на вероятность, масштабы и условия реализации риска
Вероятность наступления	Вероятность наступления рисков событий, прямо или косвенно отражающихся на планировании и оценке соответствующих финансовых ресурсов для достижения стратегических целей социально-экономического развития
Стоимостная оценка	Любой из учитываемых в системе оценки рисков факторов, явлений и параметров должен быть измеримым и сопоставимым с результатами аналогичной работы по иным факторам, чего можно достичь за счет представления соответствующих явлений в виде конкретного увеличения или сокращения финансовых ресурсов (доходов) или же изменения бюджетных расходов
Период действия (интенсивность по годам)	Установление вероятности наступления рисков события для прогнозируемых периодов различной продолжительности, в отношении которых оценивается возможная сбалансированность бюджета
Показатель (-и) бюджета, влияние на который он (-и) оказывает (-ют)	Конкретный состав показателей, применяемых в целях оценки бюджетных рисков

Table 1
Characteristics of budget risk

Name of the characteristic	Value of indicator
Source of occurrence	This is a specific factor, an indicator that has a significant and measurable impact on the main characteristics of the budget. For example, we are talking about the projected wage Fund, the level of inflation
Manageability	The degree of influence, respectively, of public authorities on the probability, scope and conditions of risk implementation.
Probability of occurrence	Probability of occurrence of risk events that directly or indirectly affect the planning and evaluation of relevant financial resources for achieving strategic goals of social and economic development
Cost estimate	Any of the factors, phenomena and parameters taken into account in the risk assessment system should be measurable and comparable with the results of similar work on other factors, which can be achieved by presenting the relevant phenomena in the form of a specific increase or decrease in financial resources (income) or changes in budget expenditures
Validity period (intensity by year)	Determination of the probability of occurrence of a risk event for forecast periods of different duration, in relation to which the possible balance of the budget is estimated
Performance indicators of the budget, the influence to which he has	Specific composition of indicators used to assess budget risks

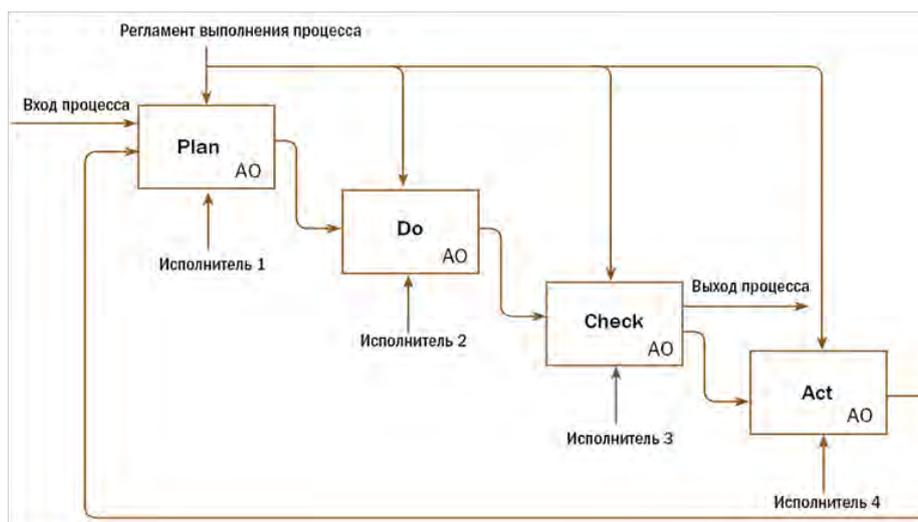


Рис. 1. Графическое описание процесса в виде диаграммы

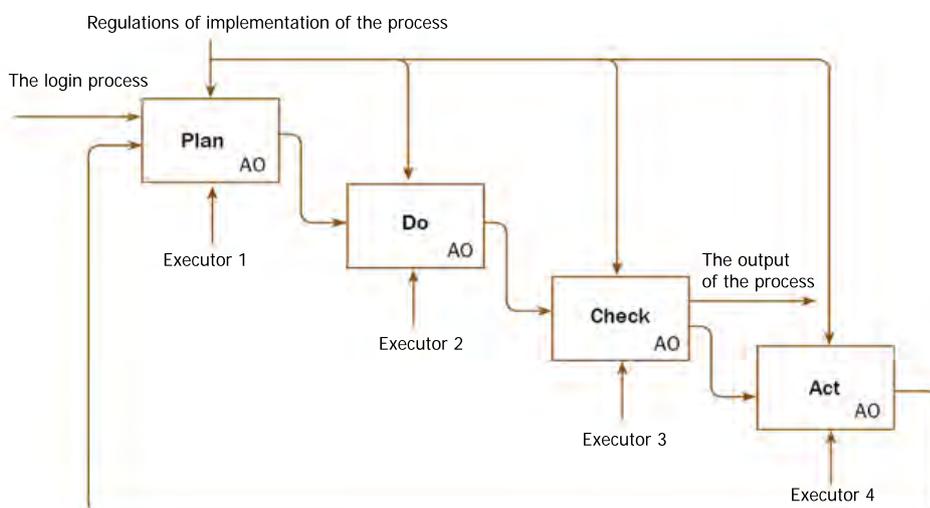


Fig. 1. Graphic description of the process in the form of a diagram

Другие авторы [5] соотносят бюджетный риск с отдельными стадиями бюджетного процесса, чаще всего со стадией исполнения бюджета, но отмечают, что бюджетные риски могут возникнуть и на других стадиях бюджетного процесса и необходимо оперативное реагирование системы управления на возникающие риски. Классификация бюджетных рисков, их соотношение со стадиями бюджетного процесса и потенциальные шаги для выявления и реагирования являются основной целью данного исследования. В качестве главного был использован системный подход, авторы использовали методы анализа, сравнения, аналогии, классификации и сопоставления.

Результаты (Results)

Определение бюджетных рисков, разработка эффективного механизма их идентификации, качественной оценки последствий и программы мероприятий по их предотвращению на всех уровнях бюджетной системы становятся объективной необходимостью. В последнее время работа в данном направлении проводится на всех уровнях бюджетного процесса. Поэтому, говоря о специфических свойствах бюджетного риска, обратимся к Методическим рекомендациям органам государственной власти субъек-

тов Российской Федерации по долгосрочному бюджетному планированию [3]. Хотя данные рекомендации и ориентированы прежде всего на уровень субъекта РФ, но предложенные в них характеристики, по нашему мнению, применимы к рискам всего бюджетного механизма.

Рассмотренные характеристики подчеркивают значимость определения бюджетного риска, необходимость систематизации информации о его классификационных признаках для повышения эффективности их оценки и управления ими.

Опираясь на методику классификации В. В. Гамукина, можно выделить 3 группы бюджетных рисков: риски внешней среды, риски бюджетной системы и риски случая [4]. Предложенная В. В. Гамукиным классификация, на наш взгляд, не в полной мере отражает специфику бюджетного риска, поскольку ориентирована прежде всего на риски выполнения бюджетных показателей. Однако бюджетные риски возникают не только при формировании плана доходов и расходов, его реализации и управлении бюджетным дефицитом, но и при выполнении бюджетных процедур в рамках всего бюджетного механизма.

Таблица 2

Основопологающие принципы процессного подхода в рамках бюджетного процесса

№ п/п	Наименование принципа	Характеристика принципа по отношению к бюджетному процессу
1	Принцип взаимосвязи процессов	Процесс формирования, утверждения и исполнения бюджета представляет собой сеть взаимосвязанных процессов и процедур. Кроме того, каждая из этих отдельных стадий является совокупностью внутренних процессов, которым присущи свои риски и методы управления ими
2	Принцип востребованности процесса	Основная цель бюджетного процесса – это эффективное управление государственными финансами в рамках основных стратегических программ и приоритетных национальных проектов, а также текущих направлений политики государства. Исходя из вышесказанного, потребителями бюджетных процессов являются органы власти, государственные и муниципальные учреждения, общество. Таким образом, находит свое отражение принцип гласности и адресности бюджетного процесса
3	Принцип документирования процессов	Бюджетный процесс реализуется согласно установленным правилам, регламентам и положениям в силу его важности и необходимости как экономического инструментария. Регламентированный характер бюджетного процесса определяет множество документов, позволяющих описать каждый из процессов, дать оценку выполнения конкретных процедур бюджетного процесса, разработать алгоритмы планирования и прогнозирования результатов
4	Принцип контроля процесса	Для бюджетного процесса в качестве начала могут быть рассмотрены процедуры формирования прогноза социально-экономического развития региона, оценка результатов реализации программ стратегического развития и выполнения национальных проектов. В целях контроля выполнения бюджета установлены бюджетные показатели, обладающие своей спецификой: реализация принципа специализации бюджетных показателей, выражающегося в структурировании и конкретизации доходов бюджетной системы по их источникам, а расходов – по целевому их направлению. Принцип специализации бюджетных показателей реализуется посредством бюджетной классификации
5	Принцип ответственности за процесс	За каждым участником бюджетного процесса закреплена ответственность в рамках Бюджетного кодекса и других нормативно-правовых актов. При этом необходимо принимать во внимание принцип разграничения компетенций, характерный для бюджетного процесса

Table 2

Fundamental principles of the process approach in the budget process

No.	Name of the principle	Characteristics of the principle in relation to the budget process
1	The principle of interconnection of processes	The process of forming, approving, and executing a budget is a network of interrelated processes and procedures. In addition, each of these individual stages is a set of internal processes that have their own risks and methods of managing them
2	The principle of demand for the process	The main goal of the budget process is to effectively manage public finances within the framework of the main strategic programs and priority national projects, as well as current state policy directions. Based on the above, consumers of budget processes are government authorities, state and municipal institutions, and society. Thus, the principle of transparency and targeting of the budget process is reflected
3	The principle of documenting processes	The budget process is carried out according to the established rules due to its importance as an economic tool. The regulated nature of the budget process defines a set of documents that allow you to describe each of the processes, assess the implementation of specific procedures of the budget process, and develop algorithms for planning and forecasting results
4	The principle of process control	For the budget process, the procedures for forming a forecast of the socio-economic development of the region, evaluating the results of the implementation of strategic development programs and the implementation of national projects can be considered as a beginning. In order to monitor the implementation of the budget, budget indicators have been established that have their own specifics – the implementation of the principle of specialization of budget indicators. It is expressed in the specification of budget system revenues by sources, and expenditures – by their target direction. The principle of specialization of budget indicators is implemented through budget classification
5	The principle responsibility for the process	Every participant in the budget process fixed responsibility within the framework of the Budget code and other normative-legal acts. At the same time, it is necessary to take into account the principle of differentiation of competencies that is characteristic of the budget process

Характеристика элементов процессного подхода в рамках бюджетного процесса

№ п/п	Наименование элемента	Характеристика элемента по отношению к бюджетному процессу
1	Вход процесса	В качестве элементов входа бюджетного процесса можно учесть приоритетные национальные проекты, прогнозы социально-экономического развития, государственные и муниципальные программы, результаты исполнения бюджета за прошедший период. Кроме того, все эти элементы, по сути, могут также являться выходом других процессов
2	Выход процесса	Выходы бюджетного процесса – это результаты выполнения бюджетных процедур, внутренних бюджетных процессов, в целом бюджетного процесса, оформленные в виде документов электронного и бумажного формата
3	Ресурсы процесса	В данном случае для бюджетного процесса характерны аналогичные ресурсы. Необходимо добавить также электронные ресурсы, поскольку многие процедуры и процессы реализуются посредством электронных систем, таких как «Электронный бюджет», «Информационно-аналитическая система Федерального казначейства», bus.gov.ru и т. д.
4	Владелец процесса	Применительно к бюджетному процессу высший орган власти публично-правового образования – это владелец бюджетного процесса, исполнительные органы государственной власти – это участники процесса, а финансовый орган – это координатор процесса
5	Потребители и поставщики процесса	В бюджетном процессе участников условно можно определить в две группы: пассивные и активные. В группу пассивных участников входят физические и юридические налогоплательщики, кредиторы и т. д., являющиеся поставщиками бюджетных ресурсов, а также конечные потребители денежных средств (физические и юридические лица). Группу акторов бюджетного процесса составляют органы власти с соответствующими полномочиями. К ним относятся Президент РФ, органы государственного управления, финансовые, денежно-кредитного регулирования, государственного и муниципального финансового контроля, государственные внебюджетные фонды. Перечисленные органы обладают отдельными полномочиями в отношении бюджетного процесса, имеют свой круг закрепленных задач
6	Показатели процесса	В ходе бюджетного процесса реализуется принцип специализации бюджетных показателей. Алгоритм и методика анализа выполнения бюджетных показателей имеют определенные особенности на каждом этапе бюджетного процесса и во многом зависят от стоящих перед ним задач

Table 3

Characteristics of elements of the process approach in the budget process

No.	The name of the element	Characteristics of the element in relation to the budget process
1	The login process	Priority national projects, forecasts of socio-economic development, state and municipal programs, and results of budget execution over the past period can be taken into account as input elements of the budget process. In addition, all these elements, in fact, can also be the output of other processes
2	The output of the process	Outputs of the budget process are the results of budget procedures, internal budget processes, and the budget process as a whole, issued in the form of electronic and paper documents
3	The resources of the process	In this case, the budget process is characterized by similar resources: equipment, documentation, Finance, personnel, infrastructure, and so on. It is also necessary to add electronic resources, since many procedures and processes are implemented through electronic systems, such as the "Electronic budget", "Information and analytical system of the Federal Treasury", bus.gov.ru etc.
4	Process owner	In relation to the budget process, the highest authority of a public legal entity is the owner of the budget process, Executive bodies of state power are participants in the process, and the financial authority is the coordinator of the process
5	Process consumers and suppliers	The budget process can be divided into two groups: passive and active. Passive participants are suppliers of budget resources (individual and legal taxpayers, creditors, etc.) and end users of funds (individuals and legal entities). The group of active participants in the budget process is formed by bodies with budgetary powers. These include the President of the Russian Federation, government agencies, financial, monetary regulation, state and municipal financial control, and state extra-budgetary funds. Each body has its own tasks and acts within the limits of its assigned powers
6	The performance of the process	Within the framework of the budget process, the principle of specialization of budget indicators is implemented. The methodology for analyzing budget indicators has features at each stage of the budget process and largely depends on the tasks it faces



Рис. 2. Бюджетный процесс в виде цикла PDCA

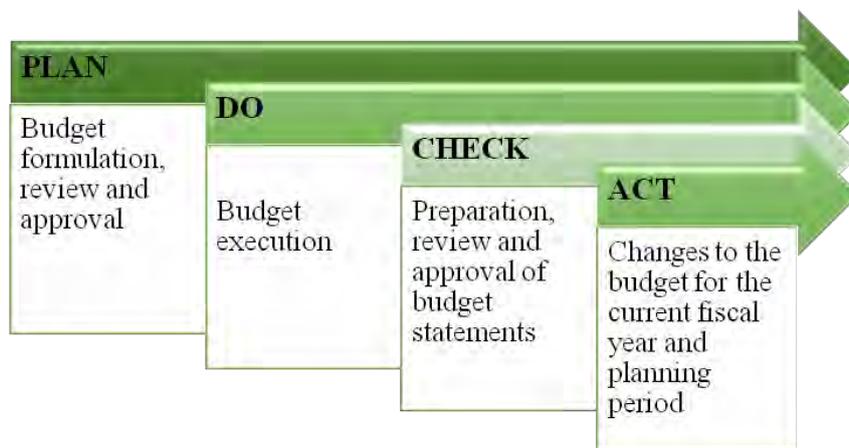


Fig. 2. Budget process as PDCA cycle



Рис. 3. Классификация рисков в системе менеджмента качества

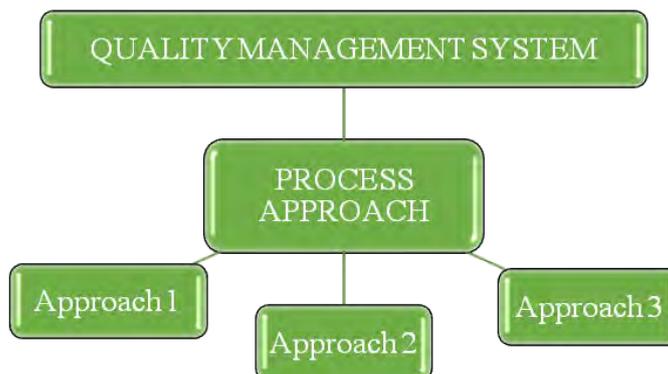


Fig. 3. Classification of risks in the quality management system

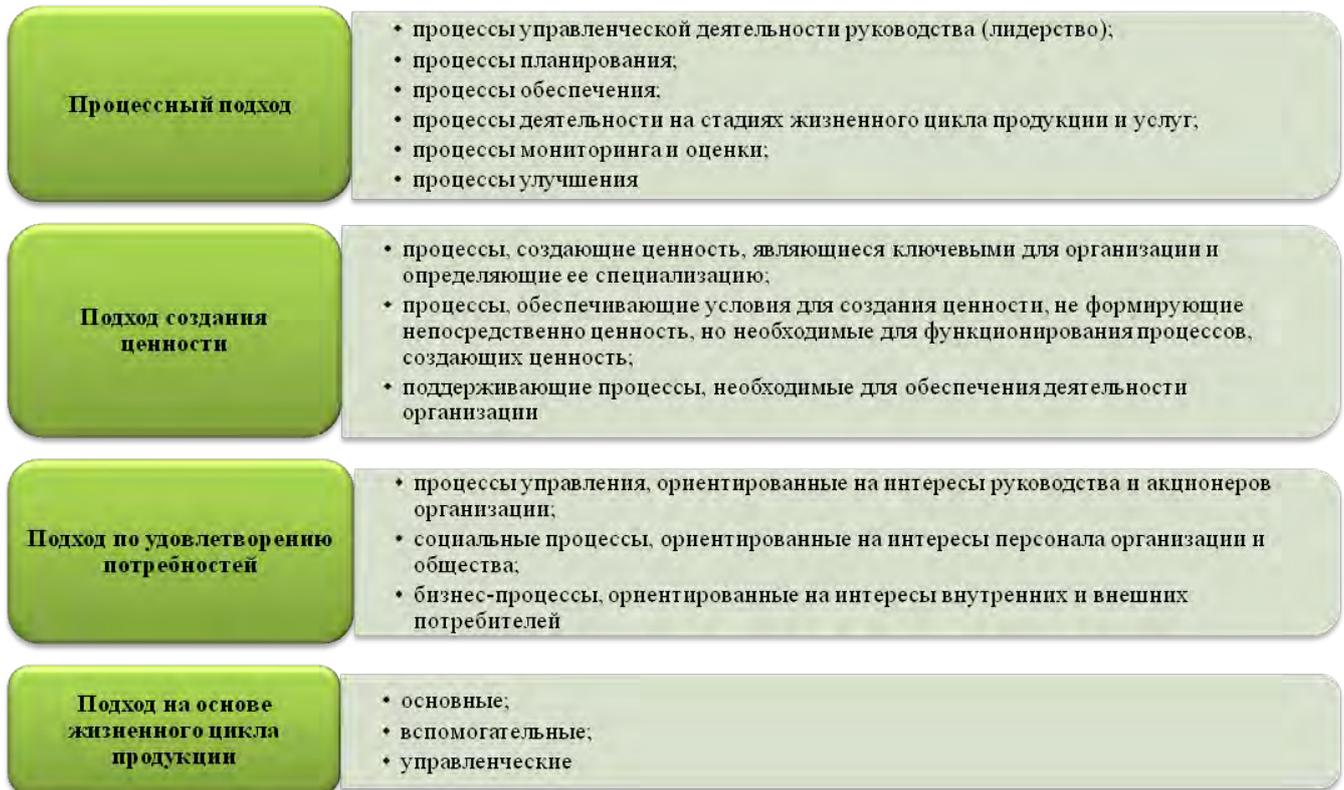


Рис. 4. Классификация процессов в системе менеджмента качества (для последующей идентификации рисков по уровням процесса)



Fig. 4. Classification of processes in the quality management system (for subsequent identification of risks by process levels)

Обобщая все дальнейшие работы ученых по исследованию видов бюджетных рисков, необходимо отметить определенное сходство при установлении критериев классификации, и в этом случае наиболее полной, на наш взгляд, является группировка критериев и видов риска, предложенная К. Э. Моржаковой [6].

При анализе приведенных подходов к классификации бюджетных рисков нами установлено, что, несмотря на сходство, единой концепции по характеристикам сущности и критериям оценки бюджетных рисков не существует. Проблема в том, что каждый автор предлагает свою теорию классификации в соответствии с поставленными в исследовании целями. Однако, учитывая процессный характер бюджетных отношений, наибольший интерес, на наш взгляд, представляют рассмотрение бюджетных рисков с точки зрения процессного подхода, оценка и взаимосвязь стадий бюджетного процесса и рисков, т. е. применение риск-ориентированного мышления для достижения результативности системы менеджмента качества бюджетных процессов.

Теория процессного подхода определяет ряд основополагающих принципов, которые были адаптированы автором исследования по отношению к бюджетному процессу. Результаты представлены в таблице 2.

Таким образом, мы видим четкую взаимосвязь и отражение основных принципов процессного подхода в бюджетном процессе. Кроме того, бюджетному процессу также присущи характерные ключевые элементы процессного подхода, такие как вход и выход процесса, ресурсы и владелец процесса, потребители и поставщики процесса, показатели процесса (таблица 3). Такое разделение ролей

позволяет переосмыслить бюджетный процесс в понятиях, присущих процессному подходу в управлении бизнесом: распределения ответственности, межведомственного взаимодействия, обеспечения ресурсов и информации для принятия управленческих решений. Процессный подход в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» предполагает функционирование цикла PDCA, который можно представить в виде отдельных шагов [1]: **планируй**: разработка целей системы и ее процессов, а также определение ресурсов, необходимых для достижения результатов в соответствии с требованиями потребителей и политикой организации, определение и рассмотрение рисков и возможностей;

1) **делай**: выполнение того, что было запланировано;

2) **проверяй**: мониторинг и (там, где это применимо) измерение процессов, продукции и услуг в сравнении с политикой, целями, требованиями и запланированными действиями и сообщение о результатах;

3) **действуй**: принятие мер по улучшению результатов деятельности в той степени, насколько это необходимо.

На рис. 1 показано графическое описание процесса в виде IDEF0-диаграммы [2].

Рассматривая бюджетный процесс через призму цикла PDCA, отметим, что как весь процесс, так и его отдельные подпроцессы и операции являются видом такого цикла. Представим бюджетный процесс в виде цикла PDCA (рис. 2).

Также, согласно указанному ГОСТ Р ИСО 9001-2015, существует несколько подходов к классификации рисков, в основе которых лежит взаимосвязь процессов и рисков [1]. Одна из таких классификаций изображена на рис. 3.

Таблица 4
Риски стадий бюджетного процесса

Стадии бюджетного процесса	Риски
Формирование бюджета на очередной финансовый год и плановый период	<ul style="list-style-type: none"> – риск неправильного прогноза основных параметров социально-экономического развития и денежно-кредитной политики страны; – риск искажения плановых показателей; – риск неверного определения основных показателей бюджета; – риск конфликта интересов; – риск некорректного расчета объема межбюджетных трансфертов для выравнивания бюджетной обеспеченности и переданных полномочий субъектам РФ
Рассмотрение и утверждение бюджета	<ul style="list-style-type: none"> – риск несоблюдения сроков регламента рассмотрения и утверждения бюджета; – риск нарушения регламента рассмотрения и утверждения бюджета
Исполнение бюджета	<ul style="list-style-type: none"> – риск нецелевого использования бюджетных средств; – риск нарушения при расходовании средств в рамках исполнения государственных и муниципальных программ; – риск нарушения при предоставлении и использовании субсидий, грантов и иных бюджетных выплат; – риски, связанные со сферой закупок товаров, работ, услуг; – риск недостижения запланированных целевых показателей по государственным программам; – риск неисполнения действующих расходных обязательств; – риск снижения доходности по государственным ценным бумагам, запланированным к размещению на внешних и внутренних финансовых рынках; – риск неисполнения плановых показателей по источникам финансирования дефицита бюджета
Составление, рассмотрение и утверждение бюджетной отчетности	<ul style="list-style-type: none"> – риск, связанный с нарушением принципа подотчетности в бюджетной системе; – риск ошибки или искажения информации о бюджетных операциях; – риск недостоверности информации в бюджетной отчетности; – риск ненадлежащего исполнения бюджетных обязанностей при выполнении бюджетных процедур; – риск нарушения сроков предоставления отчетности

Table 4
Risks of the budget process stages

Stages of the budget process	Risks
Formation of the budget for the next financial year and planning period	<ul style="list-style-type: none"> – risk of incorrect forecast of the main parameters of socio-economic development and monetary policy of the country; – risk of distortion of planned indicators; – risk of incorrect identification of key budget indicators; – risk of conflict of interest; – risk of incorrect calculation of the volume of inter-budget transfers to equalize budget security and delegated powers to the subjects of the Russian Federation
Review and approval of the budget	<ul style="list-style-type: none"> – risk of non-compliance with the time limits for reviewing and approving the budget; – risk of violation of the rules for reviewing and approving the budget
Budget execution	<ul style="list-style-type: none"> – risk of misuse of budget funds; – risk of violation when spending funds within the framework of state and municipal programs; – risk of violation in the provision and use of subsidies, grants and other budget payments; – risks related to the procurement of goods, works, and services; – risk of failure to achieve the planned targets for state programs; – risk of default on current expenditure obligations; – risk of lower returns on government securities that are panicked to be placed on foreign and domestic financial markets; – risk of non-fulfillment of planned indicators for sources of financing the budget deficit
Preparation, review and approval of budget reports	<ul style="list-style-type: none"> – risk associated with violation of the principle of accountability in the budget system; – risk of error or misrepresentation of information about budget operations; – risk of unreliability of information in budget reports; – the risk of improper performance of budget responsibilities in the course of budget procedures; – risk of violation of reporting deadlines

Данные риски и возможности определяются для каждого процесса в отдельности индивидуально для каждого хозяйствующего субъекта. Наиболее часто встречающиеся классификации процессов в СМК представлены на рис. 4.

Классификация данных процессов четко стандартом не определена, организация вправе выбрать наиболее оптимальный подход с использованием других стандартов и руководств в области управления рисками. Как видно из рис. 4, в каждой классификационной группе присутствуют риски, напрямую связанные с процессами в системе менеджмента качества. Данное обстоятельство позволяет в рамках ранее описанных процессов выявлять возможные изменения и оперативно реагировать, используя методы риск-менеджмента в рамках полномочий и ответственности владельца процесса, что значительно упрощает процесс управления рисками и «приближает» его к сотрудникам, непосредственно участвующим в процессе.

Риски, определенные бюджетными отношениями, возникают практически на всех этапах реализации бюджетного механизма. К. Э. Моржаковой [6] представлены риски, характерные для каждой стадии бюджетного процесса (таблица 4).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Возвращаясь к определению бюджетных рисков, а также обобщив результаты исследования бюджетного процесса в контексте процессного подхода, отметим, что

меры по предотвращению таковых предпринимают совместно владелец и участники бюджетного процесса, используя при этом необходимые ресурсы и руководствуясь соответствующими принципами, тогда как координатор, отвечающий за согласованную работу участников процесса и обеспечивающий сохранность и своевременное представление всей потенциально полезной информации, играет ключевую роль в предупреждении и минимизации рисков бюджетного процесса. Отсутствие эффективной политики управления бюджетными рисками на всех этапах бюджетного процесса может непосредственно привести к недостижению целей социально-экономического развития как субъекта РФ, так и в целом всего государства. Минимизация последствий бюджетных рисков возможна только в условиях согласованной работы всех ветвей и уровней власти, участвующих в бюджетном процессе, при этом необходимо понимание общности интересов всех участников и тщательная проработка бюджетного законодательства. Одним из возможных вариантов развития риск-ориентированного подхода в бюджетной организации, как показывает практика [14–15], является становление системы управления рисками как элемента системы контроллинга, которая будет включать в себя не только процессы бюджетирования, но и весь комплекс мероприятий и рекомендаций по эффективному управлению.

Библиографический список

- ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Национальный стандарт Российской Федерации системы менеджмента качества. Требования. Quality management systems. Requirements». М.: Стандартинформ, 2015. 32 с.
- Р 50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. Continuous acquisition and life cycle support. Methodology of functional modelling». М.: Госстандарт России, 2003. 54 с.
- Методические рекомендации органам государственной власти субъектов Российской Федерации по долгосрочному бюджетному планированию [Электронный ресурс]. URL: https://minfin.gov.ru/ru/document/?id_4=94598-method

icheskie rekomendatsii organam gosudarstvennoi vlasti subektov rossiiskoi federatsii po dolgosrochnomu byudzhethnomu planirovaniyu (дата обращения: 12.10.2020).

4. Гамукин В. В. Бюджетные риски: среда, система, случай: монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2015. 328 с.

5. Лосева А. В., Терешкова О. А. Проблемные вопросы развития методических основ оценки бюджетного риска // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. 2016. № 45. С. 53–57.

6. Моржакова К. Э. Определение, видовое разнообразие бюджетных рисков // Хроноэкономика. 2019. № 2 (15). С. 163–172.

7. Zhu L. Research on Early Warning Control of University Budget Process Risk Based on Naive Bayes // Advances in Social Science Education and Humanities Research: proceedings of the 3rd International conference on judicial, administrative and humanitarian problems of state structures and economic subjects (JAHP 2018); 2018ю Vol. 252. Pp. 556–611. DOI: 10.2991/jahp-18.2018.114.

8. Yaqin D., Yanan W. A review of financial warning research literature // Hebei Business. 2013. Iss. 6.

Jiang Zhen Yu. Study of Chinese fund asset allocation based on risk budget. Harbin Institute of Technology (People's Republic of China), ProQuest Dissertations Publishing, 2009. 10411427.

9. Diaz M. C. Risk identification and assessment in a risk-based audit environment: The effects of budget constraints and decision aid use. Texas A & M University, ProQuest Dissertations Publishing, 2005. 3231520.

10. Liu D. Incentives, Behavior, and Risk Management. Indiana University, ProQuest Dissertations Publishing, 2011. 3488209.

11. Jackson S. H. Risk management of building project budgets. Sheffield Hallam University (United Kingdom), ProQuest Dissertations Publishing, 2000. 10697170.

12. Weli E. Maximum risk reduction with a fixed budget in the railway industry. Oxford Brookes University (United Kingdom), ProQuest Dissertations Publishing, 2013. 10121807.

13. Sagatova S. Application of controlling in risks management for local government programme budgets // Managing and modelling of financial risks: proceedings of the 7th international scientific conference, PTS I–III. 2014. Pp. 745–752.

14. Foltinova A. Controlling podnikov financovanych na principe verejnych zdrojov. Bratislava: Ekonom Bratislava, 2012. 96 p.

Об авторах:

Екатерина Михайловна Кот¹, кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой бухгалтерского учета и аудита, ORCID 0000-0001-8931-2542, AuthorID 648308; +7 904 385-61-95, ktekaterina@rambler.ru

Татьяна Владимировна Зырянова¹, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита, ORCID 0000-0003-0146-247X, AuthorID 328866; +7 922 102-91-39, tatyana.vlad.zyr@yandex.ru

Ольга Евгеньевна Терехова¹, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита, ORCID 0000-0001-7362-5739, AuthorID 759351; +7 912 28-339-97, oluhka81@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Budget risk research: a process approach

E. M. Kot¹✉, T. V. Zyryanova¹, O. E. Terekhova¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: ktekaterina@rambler.ru

Abstract. Competitiveness has always been the basis for building a market economy. In modern conditions, this quality should also be enjoyed by public sector institutions. Pre-education that takes place in the public sector of the economy, which mainly includes educational institutions, is aimed at creating a competitive environment among educational institutions, in which they must fight for victory in the competition to complete a state task, for applicants, for reputation, and, ultimately, for budget funding. And in this situation, various management systems, often borrowed from the commercial sphere of activity, come to the fore. One of these systems is the risk management system, which includes both the positive and negative nature of risk and its hybrid component in the modern interpretation. Existing risk management standards consider risk from these positions.

Purpose of work it is a study of budget risks from the point of view of the process approach, assessment and relationship of the stages of the budget process and risks. **The novelty** of this work is the use of risk-based thinking to achieve the effectiveness of the quality management system of budget processes. **Methods.** The methodological apparatus of research on the stated problem is based on the methods of economic and comparative analysis, expert assessments. **Results.** The results of the study revealed a clear relationship and reflection of the main principles of the process approach in the budget process. In addition, it was determined that the budget process also has the characteristic key elements of the process approach. measures to prevent budget risks are taken jointly by the owner and participants in the budget process, using the necessary resources and following the relevant principles, while the coordinator, who is responsible for the coordinated work of participants in the process and ensures the safety and timely presentation of all potentially useful information, plays a key role in preventing and minimizing budget process risks.

Keywords: process approach, budget risks, quality management system, budget processes.

For citation: Kot E. M., Zyryanova T. V., Terekhova O. E. Issledovanie byudzhetykh riskov: protsessnyy podkhod [Research of budget risks: a process approach] // Agrarian Bulletin of the Urals. No. 12 (203). Pp. 83–93. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-83-93. (In Russian.)

Paper submitted: 10.11.2020.

References

1. GOST R ISO 9001-2015 “Natsional’nyy standart Rossiyskoy Federatsii sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya. Quality management systems. Requirements” [GOST R ISO 9001-2015 “National standard of the Russian Federation quality management system. Requirements. Quality management systems. Requirements”]. Moscow: Standartinform, 2015. 32 p. (In Russian.)
2. R 50.1.028-2001 “Informatsionnye tekhnologii podderzhki zhiznennogo tsikla produktsii. Metodologiya funktsional’nogo modelirovaniya. Continuous acquisition and life cycle support. Methodology of functional modelling” [R 50.1.028-2001 “Information technologies for product lifecycle support. Methodology of functional modeling. Continuous acquisition and life cycle support. Methodology of functional modeling”]. Moscow: Gosstandart Rossii, 2003. 54 p. (In Russian.)
3. Metodicheskie rekomendatsii organam gosudarstvennoy vlasti sub’ektov Rossiyskoy Federatsii po dolgosrochnomu byudzhethnomu planirovaniyu [Methodological recommendations to state authorities of the subjects of the Russian Federation on long-term budget planning] [e-resource]. URL: https://minfin.gov.ru/ru/document/?id_4=94598-metodicheskie_rekomendatsii_organam_gosudarstvennoi_vlasti_subektov_rossiiskoi_federatsii_po_dolgosrochnomu_byudzhethnomu_planirovaniyu (appeal date: 12.10.2020). (In Russian.)
4. Gamukin V. V. Byudzhetye riski: sreda, sistema, sluchay: monografiya [Budget risks: environment, system, case: monograph]. Tyumen: Publisher of the Tyumen state University. 2015. 328 p. (In Russian.)
5. Loseva A. V., Tereshkova O. A. Problemye voprosy razvitiya metodicheskikh osnov otsenki byudzhethnogo riska [Problematic issues of development of methodological bases of budget risk assessment] // Sovremennyye tendentsii v ekonomike i upravlenii: novyy vzglyad. 2016. No. 45. Pp. 53–57. (In Russian.)
6. Morzhakova K. E. Opredelenie, vidovoe raznoobrazie byudzhetykh riskov [Definition, species diversity of budget risks] // Khronoekonomika. 2019. No. 2 (15). Pp. 163–172. (In Russian.)
7. Zhu L. Research on Early Warning Control of University Budget Process Risk Based on Naive Bayes // Advances in Social Science Education and Humanities Research: proceedings of the 3rd International conference on judicial, administrative and humanitarian problems of state structures and economic subjects (JAHP 2018)† 2018. Vol. †252. Pp. †556–611. DOI: 10.2991/jahp-18.2018.114.
8. Yaqin D., Yanan W. A review of financial warning research literature // Hebei Business. 2013† Iss. 6.
9. Jiang Zhen Yu. Study of Chinese fund asset allocation based on risk budget. Harbin Institute of Technology (People’s Republic of China), ProQuest Dissertations Publishing, 2009. 10411427.
10. Diaz M. C. Risk identification and assessment in a risk-based audit environment: The effects of budget constraints and decision aid use. Texas A & M University, ProQuest Dissertations Publishing, 2005. 3231520.
11. Liu D. Incentives, Behavior, and Risk Management. Indiana University, ProQuest Dissertations Publishing, 2011. 3488209.
12. Jackson S. H. Risk management of building project budgets. Sheffield Hallam University (United Kingdom), ProQuest Dissertations Publishing, 2000. 10697170.
13. Weli E. Maximum risk reduction with a fixed budget in the railway industry. Oxford Brookes University (United Kingdom), ProQuest Dissertations Publishing, 2013. 10121807.
14. Sagatova S. Application of controlling in risks management for local government programme budgets // Managing and modelling of financial risks: proceedings of the 7th international scientific conference, PTS I-III. 2014. Pp. 745–752.
15. Foltinova A. Controlling podnikov financovanykh na principe verejnykh zdrojov. Bratislava: Ekonom Bratislava, 2012. 96 p.

Authors’ information:

Ekaterina M. Kot¹, candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of accounting and audit, ORCID 0000-0001-8931-2542, AuthorID 648308; +7 904 385-61-95, ktekaterina@rambler.ru

Tatyana V. Zyryanova¹, doctor of economic sciences, professor of the department of accounting and audit, ORCID 0000-0003-0146-247X, AuthorID 328866; + 7 922 102-91-39, tatyana.vlad.zyr@yandex.ru

Olga E. Terekhova¹, candidate of economic sciences, assistant professor of the department of accounting and audit, ORCID 0000-0003-0763-7736, AuthorID 759351; +7 912 28-339-97, oluhka81@yandex.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Financial support of the state for the development of animal husbandry in Kazakhstan

Zh. N. Sadu¹, G. M. Dyuzelbaeva²✉

¹ The Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

² Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov, Kostanay, Republic of Kazakhstan

✉ E-mail: duz_77@mail.ru

Annotation. Objective. The research is aimed at studying the current state of the animal husbandry industry, identifying the main problems in the animal husbandry industry and substantiating the priority areas used by the state to support agricultural producers. **Methods.** In the course of the research, analytical and economic-statistical methods; general scientific methods of system, comparative and structural-logical analysis were used. **Results.** The article presents the results of assessing the current situation in livestock farming in Kazakhstan, the dynamics of the number of livestock and poultry for 2015–2019, which affects the growth of gross livestock production, as well as the number of farm animals by region as of January – December 2019. The dynamics of the production of livestock products is analyzed as one of the priority areas for ensuring the country's food security, as well as the export, import and consumption of livestock products in the domestic market for 2015–2019. The main problems in the livestock industry are identified. The measures applied by the state to support agricultural producers through direct subsidies from local budgets are disclosed. The dynamics of subsidizing the development of livestock breeding and livestock products are presented, and the problems of the subsidy system are indicated. Identified the need to improve state support of the agroindustrial complex of Kazakhstan, the importance of state regulation of the agrarian sector of Kazakhstan to ensure the country's food security and sets out some measures of state regulation of development of agroindustrial complex. **The scientific novelty** of the research lies in the fact that it convincingly reveals the main problems of animal husbandry at the present stage, the directions of state financial support for agricultural producers are determined, the need to improve the issues of state support for the agro-industrial complex of Kazakhstan is substantiated.

Keywords: agro-industrial complex, agriculture, government regulation, government support, subsidies, livestock industry, livestock production, livestock breeding, livestock problems, agricultural producers.

For citation: Sadu Zh. N., Dyuzelbaeva G. M. Financial support of the state for the development of animal husbandry in Kazakhstan // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 94–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-94-100.

Paper submitted: 16.10.2020.

Introduction

At the present stage of development of agriculture, enterprises of the agro-industrial complex (AIC) for the purpose of their sustainable development need strengthening of state regulation and financial support. Without a highly efficient agricultural sector, it is impossible to ensure sustainable development of the state, its food security, which is the basis of the society well-being. The decisive factor for the well-being of the agricultural sector is the availability of effective government regulation mechanisms. State regulation of the agro-industrial complex and rural areas, in order to ensure food security, is carried out through: the development of lending in the agro-industrial complex and rural areas; subsidizing the agro-industrial complex; implementation of mechanisms to stabilize prices for socially significant food products; purchase of agricultural products at a guaranteed purchase price; regulation of export and import of agricultural products; technical equipment, information and marketing support of the agro-industrial complex, the creation of specialized organizations; scientific, regulatory and methodological support and training for the agro-industrial complex; making investments in the

development of social and engineering infrastructure in rural areas; organization of optimal rural settlement; ensuring veterinary and sanitary and phytosanitary safety; financing the costs of monitoring and assessing the reclamation state of irrigated lands; application of measures of tax, budget, customs tariff, technical regulation and other measures in accordance with the legislative acts of the Republic of Kazakhstan; monitoring, forecasting technological tasks and organizing technology transfer in the agro-industrial complex; attracting agribusiness entities to co-financing in the course of applied research and development work.

In his speech at the extensive meeting of the Government, the President of the country K.-Zh. Tokayev noted that the situation in the agro-industrial complex causes reasonable complaints; it was not possible to reveal the export potential and solve the issues of full-fledged food security of the country. It was pointed out the need for a new, verified approach in the agricultural sector, creating conditions for processing raw materials in the country, attracting investment and the latest agricultural technologies, ensuring the stability of state support measures, and improving their efficiency.

In all countries of the world, agriculture is given priority by the state. It is in the field of agricultural products that they apply the most stringent measures to protect their market. In this regard, an effective agricultural policy, including state support, is one of the main conditions for the development of agriculture. In this regard, the issues of the need for strong state support for domestic producers, without which it is impossible to achieve the competitiveness of the agro-industrial complex and the livestock industry, in particular, are relevant.

The purpose of the study is to analyze the current state of the animal husbandry industry, identify the main problems in the industry and the priority directions used by the state to support agricultural producers.

The works of F. A. Shulenbaeva [2], Ya. V. Voronina [3], L. I. Tenkovskaya [4] are devoted to the issues of improving state support for agricultural producers. Many modern researchers have addressed the problems of state regulation of the agro-industrial complex and their importance in ensuring the country's food security: I. P. Chupina, A. G. Mokronosov [5], G. M. Dyuzelbaeva, O. I. Malyarenko [6], Ya. V. Voronina [7], A. A. Tenetko [8]. The works reveal the main conceptual approaches, methodological foundations, ways and directions of the formation of the economic mechanism of management in the agricultural sector of the economy as a whole, taking into account government intervention.

Despite the active development of these issues, not all aspects of state regulation and support for agricultural producers in general and in animal husbandry, in particular, have been studied to date, which determines the need to deepen research on this issue, taking into account modern economic conditions.

Methods

In the course of the study, analytical and economic-statistical methods, general scientific methods of systemic, comparative and structural-logical analysis were used.

Results

Agriculture of Kazakhstan, being one of the priority directions of economic development, has huge potential and large reserves. Natural conditions, their diversity determine significant potential for the development of animal husbandry. Kazakhstan traditionally engaged in sheep breeding, horse

breeding, camel, cattle breeding. However, while livestock resources are used inefficiently, the competitiveness of meat products on the world market is low.

Nevertheless, Kazakhstan maintains a fairly steady growth in the development of animal husbandry. Much attention is now being paid not only to increasing the volume of production, but also to increasing the level of its efficiency and profitability. At the same time, the number of cattle in 2019 increased by 23.3 % compared to 2014. In 2014, it was 6032.7 thousand heads, and in 2019 by 44.9 % – 7437.6 thousand heads.

The business structure has changed. Earlier in the 1990s, about 70 % of the livestock was in agricultural enterprises, 30 % – in peasant and private farms. Currently, organized farms contain 44.9 % of the cattle population.

The gross output of products (services) of the livestock industry in January–December 2019 in the country as a whole amounted to 2306.4 billion tenge, which is 4.0 % higher than the level of the corresponding period of the previous year (2050.4 billion tenge). The growth in the production of livestock products is due to the increase in the slaughter of livestock and poultry in live weight by 5.5 %, milk yield of raw cow's milk – 3.2 %. Due to the number of increase in agricultural formations, there is a tendency to increase the number of cattle compared to the previous year by 4.0 % to 7437.6 thousand heads, horses – by 6.8 % to 2825.8 thousand heads, poultry – by 2.0 % to 45.2 million heads, sheep – by 2.7 % to 16.9 million heads, camels – by 3.5 % to 214.8 thousand heads, pigs – by 2.9 % to 822.2 thousand heads. The number of goats decreased by 2.2 % to 2233.7 thousand heads.

The production of commercial cow's milk increased by 2.8 % to 3967.9 thousand tons, the production of hen eggs decreased by 1.1 % to 5513.4 million pieces due to the technological process of changing the livestock, as well as the termination of the activity of "Tselinogradskaya Poultry Farm" LLP. In general, the main share of egg production decreased in Almaty region by 73.5 million pieces, Akmola – by 26.1 million pieces and North Kazakhstan – by 6.4 million pieces.

Production of poultry meat amounted to 222.9 thousand tons, beef – 501.4 thousand tons, mutton – 151.9 thousand tons.

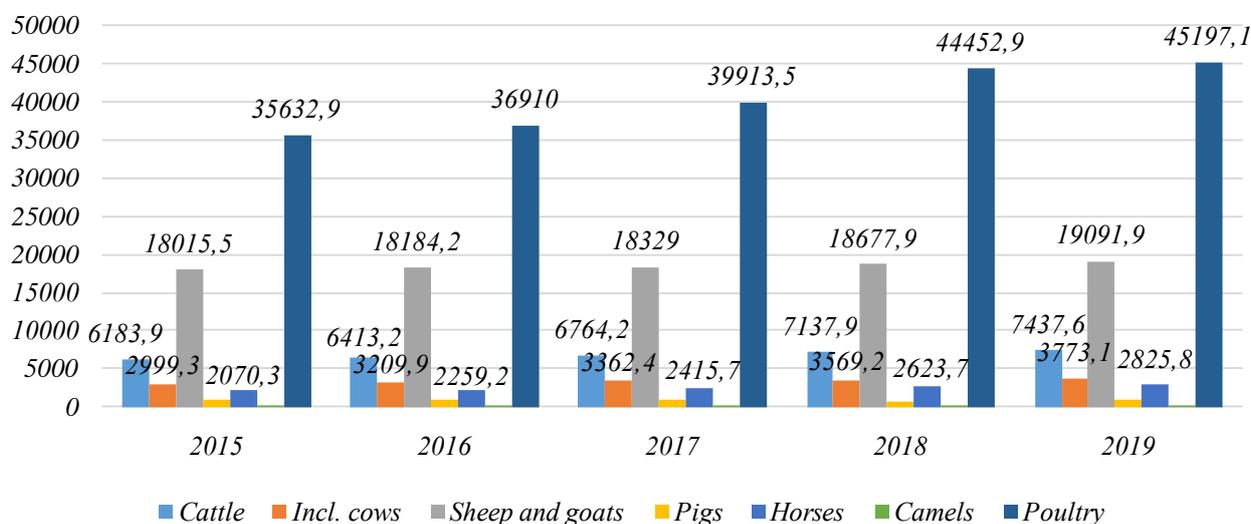


Fig. 1. Dynamics of the number of livestock and poultry in 2015–2019 (compiled by the authors based on the source [10])

Table 1
The number of farm animals by regions as of January – December 2019*

Name of region/city	Cattle	Sheep/goats	Pigs	Horses	Camels	Poultry
In the republic	7 347 645	19 091 992	822 199	2 825 851	214 758	45 197 092
Akmola region	430 221	530 206	101 571	187 319	61	8 078 887
Aktobe region	493 543	1 127 089	58 417	144 251	17 784	1 310 547
Almaty region	1 027 958	3 509 953	53 563	326 382	7 431	10 311 125
Atyrau region	173 444	567 239	444	83 817	32 448	455 470
West Kazakhstan region	591 457	1 130 644	17 271	192 892	2 235	1 442 759
Zhambyl region	423 146	2 861 844	20 886	135 971	6 898	1 701 399
Karaganda region	549 249	924 476	72 223	337 202	1 438	4 008 831
Kostanay region	462 368	463 613	165 814	122 881	247	4 266 751
Kyzylorda region	332 381	620 922	2 546	148 339	47 873	126 301
Mangystau region	19 753	384 385	45	74 260	67 287	39 748
Pavlodar region	426 638	551 586	73 754	184 591	95	1 695 760
North Kazakhstan region	366 536	419 297	173 988	131 036	17	4 614 416
Turkestan region	1 052 929	4 290 648	6 561	346 431	30 353	2 178 513
East Kazakhstan region	1 004 464	1 611 746	65 271	394 518	556	3 874 954
Nur-Sultan	289	1 467	10	339	–	72
Almaty	2 528	1 495	276	792	35	5 695
Shymkent	80 741	95 382	9 559	14 830	–	1 085 864

* Source: [11].

Table 2
Dynamics of production and domestic market of livestock products in 2015–2019*

Year	Denomination	Production, thousand tons	Export, thousand tons	Import, thousand tons	Domestic consumption, thousand tons	Consumption 1 person/year, kg	Import share, %
2015	Beef	416.8	1.9	15.4	450.3	24.4	3.6
	Mutton	165.1	–	–	165.1	9.3	–
	Pork	95.3	1.9	3.8	97.2	5.5	3.9
	Horsemeat	101.4	–	3.2	104.6	5.9	3.1
	Poultry	152.1	7.7	160.6	305.0	17.3	52.7
	Milk	5141.6	16.8	136.8	5261.6	29.8	2.6
2016	Beef	430.6	1.6	9.5	438.5	24.5	2.2
	Mutton	169.2	0.3	0.1	169.0	9.4	0.1
	Pork	93.9	0.8	1.4	94.5	5.3	1.5
	Horsemeat	107.8	–	0.9	108.7	6.1	0.8
	Poultry	152.7	8.8	165.2	312.0	17.4	52.9
	Milk	5300.0	19.9	160.4	5440.5	30.4	2.9
2017	Beef	450.4	0.9	15.8	465.3	25.6	3.4
	Mutton	171.4	0.8	–	170.6	9.4	–
	Pork	91.9	0.3	2.4	94.0	5.2	2.6
	Horsemeat	117.5	–	2.6	120.1	6.6	2.2
	Poultry	179.6	5.9	172.6	346.3	19.1	49.8
	Milk	5460.5	293.6	159.9	5326.8	29.3	3.0
2018	Beef	477.5	16.0	15.2	476.7	25.9	3.2
	Mutton	170.6	3.8	–	166.8	9.1	–
	Pork	86.2	1.1	2.0	87.1	4.7	2.2
	Horsemeat	126.5	–	2.4	128.9	7.0	1.9
	Poultry	190.8	8.5	191.7	374.0	20.3	51.3
	Milk	5642.2	29.7	143.8	5756.3	31.1	2.5
2019	Beef	501.4	5.6	25.8	521.6	28.0	4.9
	Mutton	171.3	2.5	2.7	171.5	9.2	1.6
	Pork	86.4	0.8	1.7	87.3	4.7	1.9
	Horsemeat	131.9	–	2.5	129.4	7.0	1.9
	Poultry	222.9	13.7	173.1	382.3	20.6	45.3
	Milk	5820.1	39.4	137.1	538.6	28.9	2.4

* Compiled by the authors based on the source [11].

In January – December 2019, meat production in slaughter weight in all categories of farms increased by 5.8 % and amounted to 1120.9 thousand tons. At the same time, in agricultural formations there is an increase in meat production by 11.4 %, milk by 6.2 %.

The average milk yield per cow remained at the level of the previous year and amounted to 2347 kg, the average yield of eggs per 1 laying hen decreased by 2.9 % against the level of the previous year and amounted to 239 pieces. At the same time, the average milk yield in agricultural enterprises per 1 cow increased by 13.5 % and amounted to 4660 kg.

Despite the increase in livestock production, domestic production of certain items does not cover even half of the population needs in the meat and dairy products.

The Ministry of agriculture imposed a ban on live cattle exports for six months due to an increase in live cattle exports in 2019 compared to 2018: 3 times or 156 thousand heads of cattle and 7 times or 263 thousand heads of small cattle. Despite the 45–50 % workload of Kazakhstani meat processing plants, prices for meat products are growing. When agreeing on the ban, the National Chamber of Entrepreneurs of the Republic of Kazakhstan «Atameken» believes that in order to stabilize the internal market, resolve the issue of overflow and ensure the profitability of farmers, it is necessary to pay the difference in the form of subsidies to farmers at a high price for meat or live cattle in the markets of neighboring countries [12].

Table 3
Dynamics of subsidizing the development of livestock breeding by directions, million tenge*

Direction	2015 year	2016 year	2017 year	2018 year	2019 year
Meat cattle breeding	39 026.9	29 735.2	22 960.2	25 127.2	39 734.8
Dairy cattle breeding	3 426.3	3 816.0	3 412.6	3 533.9	3 697.6
Poultry	104.4	250.3	225.2	490.7	888.0
Sheep breeding	3 163.6	4 835.5	5 072.2	5 346.3	10 946.7
Breeding stock (horses)	254.3	375.8	224.3	209.3	154.0
breeding stock (camels)	11.3	2.7	6.0	–	0.4
Breeding stock (pigs)	1.0	8.0	1.0	169.9	447.8
Breeding stock (marals)	–	2.1	4.8	–	–
breeding stock (goats)	–	–	22.4	–	28.7
Selection and breeding work with bee colonies	29.3	12.0	153.1	148.7	228.2
Selection and breeding work with marals	43.5	–	99.8	29.8	9.8
Selection and breeding work with broodstock of pigs	–	–	–	–	1 605.3
Keeping sheep in a commercial flock	–	–	–	37.3	106.0
Keeping bulls of producers	335.6	381.5	330.2	692.3	1 674.7
Bull Seed	–	–	–	30.0	267.4
Total	31 187.4	39 419.1	32 512.2	35 815.2	59 797.8
% of the total allocated funds	45.2	46.9	48.0	46.7	51.7

* Source [11].

Table 4
Dynamics of subsidies for manufactured products by type, million tenge*

Denomination	2015 year	2016 year	2017 year	2018 year	2019 year
Fattening bulls	4 533.9	7 992.0	4240.9	6 158.2	5 274.4
Pork	2 925.2	3 508.0	2 972.9	1 584.8	199.0
Lamb (lamb)	467.7	840.3	76.5	237.9	514.9
Horsemeat	386.4	497.6	441.5	581.6	–
Koumiss	302.9	401.0	559.1	635.9	1 070.8
Shubat	177.3	193.9	218.0	227.1	297.8
Camel meat	37.2	36.5	11.1	3.5	–
Wool (thin, semi-fine)	211.7	238.2	260.7	282.6	257.6
Poultry (turkey, waterfowl)	7 888.2	9 058.3	7 833.7	8 634.8	15 838.4
Marketable egg (quail)	8 884.3	9 753.5	7 096.2	8 009.5	10 877.7
Cow's milk	5 056.7	6 402.4	6 703.2	8 307.9	11 231.5
Juicy and roughage	6 671.7	5 132.3	4 838.8	4 953.1	4 218.4
Goat milk	–	–	17.7	7.1	–
Sale of bulls to feedlots	330.1	591.1	–	1 212.4	6 045.6
Total	37 873.6	44 645.1	35 270.4	40 836.4	55 826.1
% of the total allocated funds	55.0	53.1	52.0	53.3	48.3

* Source [11].

It should be noted that in Kazakhstan about 40 % of livestock belongs to private farmsteads and households, which are not always able to provide livestock with the necessary conditions and most of them do not have the opportunity to equip their farms with the appropriate technical equipment, which in turn has a significant impact on the quality of products. For example, in the Republic of Belarus almost 100 % of livestock is kept in large organized dairy farms, in the Russian Federation – more than 50 %.

Due to the fact that part of the livestock is concentrated in households, the livestock industry is characterized by such characteristics as low genetic potential of animals and associated low productivity, lack of use of modern technologies for keeping, feeding and other technologies that ensure productivity and quality of products, insufficient care for the health of animals.

The quality of the feed base has a great influence on the productivity of animal husbandry. In order to obtain meat and dairy products of good quality, in addition to the appropriate conditions, it is necessary to own a large-scale and high-quality feed base. Most of the existing pastures do not require the presence of water bodies due to their location, which also reduces the possibility of keeping livestock. The issue of importing cattle from abroad also requires attention. It is necessary to pay attention to compliance with local climatic conditions, modern detection and exclusion of the import of sick animals, etc. [13, p. 29].

In order to encourage an increase in the number of breeding stock, increase the proportion of breeding animals to the total number, as well as the volume of livestock production, improve its quality and competitiveness, the state is taking measures to support agricultural producers through direct subsidies to them from local budgets in two directions:

- 1) development of livestock breeding;
- 2) production of livestock products.

Subsidizing these areas is carried out within the framework of the Rules for subsidizing the development of livestock breeding, increasing the productivity and quality of livestock products [14].

The volume of state support for agriculture of the Republic of Kazakhstan is increasing annually. Over the past five years, the volume of subsidies has doubled and in 2019 amounted to 115.6 billion tenge (for comparison, in 2015 – 69.0 billion tenge).

Subsidies for the development of livestock breeding are intended for:

- partial reduction in price (up to 50 %) of the cost of pedigree young cattle, sheep, goats, stallions, pigs, camels and day-old chickens purchased by domestic producers;
- reducing the cost of breeding and breeding work with breeding stock of cattle, sheep, pigs, marals (deer), as well as bee colonies;
- cheaper costs of individuals and legal entities for the maintenance of breeding bulls-producers of meat and dairy-meat breeds used for the reproduction of a commercial and public herd, sheep for the reproduction of a commercial flock;
- reduction in the cost of the purchased unisexual and bisexual semen of a breeding bull of dairy and dairy-meat breeds;
- subsidizing services for embryo transplantation;

- reimbursement of the costs of breeding and distribution centers for the provision of services for the artificial insemination of the breeding stock of cattle and sheep in agricultural cooperatives, as well as in peasant (farm) farms [11, p.67].

Subsidizing the increase in productivity and quality of livestock products is aimed at:

- cheaper cost of bulls sold for feeding in feedlots with a capacity of at least 1000 heads at a time;
- reducing the cost of fattening bulls for feedlots with a capacity of at least 1000 heads at a time;
- cheaper cost of the lambs sold;
- reduction in the cost of production of milk (cow, mare, camel), poultry (broiler meat, turkey, waterfowl), edible eggs (chicken eggs), thin and semi-thin wool;
- reduction in the cost of feed costs for dairy cattle [11, p. 68].

At the same time, within the framework of the state program for the development of the agro-industrial complex, in order to increase the availability of financing for agribusiness entities, it is planned to gradually reduce ineffective subsidies, which directly distort pricing and are referred to the “yellow” basket according to the WTO methodology. Such market-distorting type of subsidies includes commodity-specific subsidies (per unit of output) [15].

The released subsidies will be directed to effective financial instruments, such as: the development of livestock breeding, subsidizing the interest rate on loans, leasing of agricultural machinery and animals, investment subsidies, subsidizing insurance premiums, developing a system of credit partnerships and loan guarantee institutions.

It should be noted that the current system of subsidies is not effective enough, it does not provide for the achievement of specific predetermined results, the mandatory introduction of effective technologies, etc. Recent years have been characterized by instability in the types and conditions of subsidies, and its final criteria have not been worked out. According to NCE “Atameken”, over the past 5 years, the subsidy rules have changed 47 times [12]. All this causes discontent among agricultural producers.

On the other hand, agricultural producers have developed a habit of relying only on budget subsidies. Such subsidies should be directed to the priority areas of the agro-industrial complex related to ensuring the country's food security, where one cannot do without state support, which in turn will ensure the stability of the subsidy rules. Specific performance indicators should be identified, both for the recipients of subsidies and for the agro-industrial complex as a whole, for the achievement of which both the heads of the relevant state bodies and the recipients of subsidies should be directly responsible. At the same time, the basis for further government support should be the achievement of positive trends in the agricultural sector, and not the rapid development of subsidies.

The Ministry of Agriculture identified 15 priority areas for the development of exports and import substitution of agricultural products. Beef cattle breeding and sheep breeding represent a great potential for the development of the industries (the potential for an increase is 2,616 million US dollars). Family farms will form the basis of the National Strategy: in cattle breeding there are 50-100 queen heads, in sheep breeding –

600 queen heads, and not large-scale production. Foreign experience shows that in Australia, Canada and the United States the main share in the production cycle is taken by small farms with an average livestock of 50 heads, they are competitive in terms of cost due to simple animal husbandry technology, low production costs and are more resistant to market changes. There will be 100 thousand such farmers created within the framework of the Program for the Development of Meat Livestock for 2018–2027. More than 500 thousand jobs will be created in rural areas. Labor productivity per employee per year will increase to USD 8,000 thousand. The multiplier effect of the Program is the development of local content (mechanical engineering, irrigation, alternative sources of energy supply). The main advantages for the implementation of the Program are the availability of sufficient areas of pastures, irrigated land and the traditional nature of the livestock industry, as well as the proximity of such strategic markets with stable imports of beef and lamb, such as the countries of the Middle East and East Asia (China, Iran, Saudi Arabia, Vietnam) [16].

Discussion and Conclusion

The obtained results of the study of the processes occurring in the animal husbandry industry make it possible to formulate the following main problems: small-scale production, low productivity of farm animals, underdevelopment of the fodder industry, lack of free land for animal husbandry, lack of qualified personnel, scientific research, lack of stable sales markets, weak competitiveness, and problems of veterinary medicine.

Currently, state support for the agro-industrial complex is mainly carried out by: 1) budget lending or participation in the formation or increase of the authorized capital of specialized organizations; 2) subsidies, which should be carried out under conditions of economic efficiency of subsidies and improving the quality and competitiveness of products.

At the same time, the achievement of positive trends in the agricultural sector should serve as the basis for further state support.

References

1. Tokaev K.-Zh. Vystuplenie na rasshirennom zasedanii Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan 24 yanvarya 2020 goda [Speech at an expanded meeting of the Government of the Republic of Kazakhstan on January 24, 2020] [e-resource]. URL: https://www.akorda.kz/ru/speeches/internal_political_affairs/in_speeches_and_addresses/vystuplenie-prezidenta-kasym-zhomartatokaeva (appeal date: 19.08.2020). (In Russian.)
2. Shulenbaeva F. A. Problemy i perspektivy razvitiya otrasli zhivotnovodstva // Problemy Agrorynka. 2018. No. 2. Pp. 155–161. (In Russian.)
3. Voronina Ya. V. Gosudarstvennoe regulirovanie i gosudarstvennaya podderzhka fermerskikh khozyaystv // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 9 (151). Pp. 103–110. (In Russian.)
4. Ten'kovskaya L. I. Mekhanizmy razvitiya i gosudarstvennoy podderzhki sel'skogo khozyaystva // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 03 (145). Pp. 109–112. (In Russian.)
5. Chupina I. P., Mokronosov A. G. Sistemnyy kharakter prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 05 (147). Pp. 118–122. (In Russian.)
6. Dyuzelbayeva G., Malyarenko O. The role of state regulation in the development of the agro-industrial complex of the region (Kostanay region) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 02 (193). Pp. 70–77.
7. Voronina Ya. V. Neobkhodimost' organizatsionno-ekonomicheskikh mekhanizmov gosudarstvennogo regulirovaniya agrarnoy sfery ekonomiki i razvitiya fermerskikh khozyaystv // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 12-2 (167). Pp. 24–31. (In Russian.)
8. Tenetko A. A. Sostoyanie i problemy gosudarstvennogo regulirovaniya agrarnogo sektora Rossiyskoy Federatsii [Condition and problems of state regulation of the agrarian sector of the Russian Federation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 12 (154). Pp. 89–95. (In Russian.)
9. Esymkhanova Z. K., Sadu Zh. N. Tendentsii regulirovaniya sfery APK Kazakhstana v usloviyakh resursosberezheniya [Trends in the regulation of the agro-industrial complex of Kazakhstan in the context of resource conservation] // Bulletin of the Kazakh University of Economics, Finance and International Trade. 2020. No. 1 (38). Pp. 56–65. (In Russian.)
10. Statisticheskie dannye Komiteta po statistike MNE RK [Statistical data of the Committee on Statistics of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan] [e-resource]. URL: <http://stat.gov.kz/faces/homePage> (appeal date: 17.07.2020). (In Russian.)
11. Parlamentskie slushaniya na temu "Voprosy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa". Senat Parlamenta Respubliki Kazakhstan. Komitet po agrarnym voprosam, prirodopol'zovaniyu i razvitiyu sel'skikh territoriy [Parliamentary hearings on the topic "Issues of the development of the agro-industrial complex". Senate of the Parliament of the Republic of Kazakhstan. Committee on Agrarian Issues, Nature Management and Rural Development]. Nur-Sultan, 28 February, 2020. 84 p. (In Russian.)
12. Zhumagaziev E. Zapret na eksport KRS: "Takaya korova nuzhna samomu"! [Ban on the export of cattle: "You need such a cow yourself!"] [e-resource]. URL: <https://atameken.kz/ru/news/34510-zapret-na-eksport-krs-takaya-korova-nuzhna-samomu> (appeal date: 21.07.2020). (In Russian.)
13. Informatsionno-analiticheskiy obzor k parlamentskim slushaniyam na temu "Voprosy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa" [Information and analytical review for the parliamentary hearings on the topic "Issues of the development of the agro-industrial complex"]. Nur-Sultan: Senate apparatus. Information and analytical department, 2020. 55 p. (In Russian.)

14. Pravila subsidirovaniya razvitiya plemennogo zivotnovodstva, povysheniya produktivnosti i kachestva produktsii zivotnovodstva. Utverzhdennye prikazom Ministra sel'skogo khozyaystva RK ot 15 marta 2019 goda № 108 [Rules for subsidizing the development of livestock breeding, increasing the productivity and quality of livestock products. Approved by the order of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated March 15, 2019 No. 108] [e-resource]. URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1900018404> (appeal date: 21.07.2020). (In Russian.)

15. Gosudarstvennaya programma razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Kazakhstan na 2017–2021 gody. Ukaz Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 14.02.2017 goda № 420 (s izm. i dop. ot 12 iyulya 2018 goda № 423) [State program for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Kazakhstan for 2017–2021. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated February 14, 2017 No. 420 (with amendments and additions dated July 12, 2018 No. 423)] [e-resource]. URL: <https://primeminister.kz/ru/gosprogrammy/gosudarstvennaya-programma-razvitiya-agropromyshlennogo-kompleksa-rk-na-2017-2021-gody> (appeal date: 21.07.2020). (In Russian.)

16. Programma razvitiya myasnogo zivotnovodstva na 2018–2027 gody [Program for the development of beef cattle breeding for 2018-2027] [e-resource]. URL: <https://meatunion.kz/images/nacionalnayaprogramma.pdf> (appeal date: 21.07.2020). (In Russian.)

Authors' information:

Zhanna N. Sadu¹, candidate of economic sciences, senior lecturer, ORCID 0000-0001-8060-8056;

+7 707 903-20-77, sdm_2008@mail.ru

Gulnara M. Dyuzelbaeva², candidate of economic sciences, assistant professor, ORCID 0000-0002-7782-8469;

+7 701 343-33-04, duz_77@mail.ru

¹The Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

²Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov, Kostanay, Republic of Kazakhstan

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: 10.12.2020 г. Усл. печ. л. 11,8. Авт. л. 10,9.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

