

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

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS

2021
№04 (207)

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. Коцаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мырнин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Нежданов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
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, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

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

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
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 Agriculture (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, “Uralplemsentr” (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy G. Nezhdanov, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashtetskiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy (Nizhniy Novgorod, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed

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



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

Содержание

Contents

Агротехнологии

Agrotechnologies

Э. Р. Аллахвердиев Влияние оптимальных доз органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы и показатели качества кормов на пожнивных посевах смешанно возделываемых культур	2	E. R. Allakhverdiev Influence of the optimization of the norms of organic and mineral fertilizers on the yield of green mass and indicators of the quality of fodder on stubble crops of mixed crops	
В. А. Бурлуцкий, П. С. Семешкина, В. Н. Мазуров Влияние средообразующих факторов на продуктивность озимой пшеницы	9	V. A. Burlutskiy, P. S. Semeshkina, V. N. Mazurov The influence of environment forming factors on the productivity of winter wheat	
А. А. Васильев, Т. Т. Дергилева, В. П. Дергилев Оценка адаптивного потенциала белорусских сортов картофеля в условиях Челябинской области	17	A. A. Vasilyev, T. T. Dergileva, V. P. Dergilev Assessment of the adaptive potential of Belarusian potato varieties in the Chelyabinsk region	
Л. В. Волкова, О. С. Амунова, Л. Н. Тиунова Использование морфобиологических параметров проростков яровой пшеницы в селекции на алюмоустойчивость	24	L. V. Volkova, O. S. Amunova, L. N. Tiunova The use of morphophysiological parameters of spring wheat seedlings in the selection for aluminum resistance	
Л. И. Петрова, Ю. И. Митрофанов, М. В. Гуляев, Н. К. Первушина Влияние различных факторов на формирование урожая и качество продукции картофеля	34	L. I. Petrova, Yu. I. Mitrofanov, M. V. Gulyaev, N. K. Pervushina Influence of various factors on crop formation and potato quality	
А. Ш. Хужахметова, В. А. Семенютин Оценка параметров плодоношения субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда»	43	A. Sh. Khuzhakhmetova, V. A. Semenyutina Estimation of the parameters of fruiting of subtropical and nut crops in the “genotype – environment” mode	
В. А. Чулков, Т. Л. Чапалда Оценка влияния сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного на звене полевого севооборота	55	V. A. Chulkov, T. L. Chapalda Evaluation of the influence of siderates on the biological properties of podzolized chernozem in the link of field crop rotation	
Биология и биотехнологии		Biology and biotechnologies	
С. Г. Денисова, А. А. Реут Оценка сортов хризантемы садовой коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН с учетом направления использования	64	S. G. Denisova, A. A. Reut Evaluation of the varieties of Chrysanthemum × hortorum from the collection SUBGI UFRC RAS taking into account the direction of use	
А. Ю. Криворучко, О. А. Яцык, А. А. Каниболоцкая Новые параметры прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос	74	A. Yu. Krivoruchko, O. A. Yatsyk, A. A. Kanibolotskaya New parameters of lifetime assessment of meat productivity of Dzhalginskiy merino sheep	
Т. А. Кукушкина, Т. И. Фомина Содержание биологически активных веществ в зеленой массе многолетних луков (<i>Allium</i> L.)	85	T. A. Kukushkina, T. I. Fomina The content of biologically active substances in the green biomass of perennial onions (<i>Allium</i> L.)	
Е. В. Шатских, Д. Е. Королкова-Субботкина, Д. М. Галиев The influence of biologically active additives on the morpho-biochemical parameters of the blood of broiler chickens	93	E. V. Shatskikh, D. E. Korolkova-Subbotkina, D. M. Galiev The influence of biologically active additives on the morpho-biochemical parameters of the blood of broiler chickens	

Влияние оптимальных доз органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы и показатели качества кормов на пожнивных посевах смешанно возделываемых культур

Э. Р. Аллахвердиев¹✉

¹ Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа, Азербайджанская Республика

✉ E-mail: elxan_recebli@mail.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2018–2020 гг. на слабо обеспеченных питательными веществами серо-луговых почвах населенного пункта Гиндарх Агджабединского района. Внедрение оптимальных норм органических и минеральных удобрений на пожнивных посевах смешанно возделываемых культур кукурузы и сои повысило урожайность зеленой массы. В контрольном варианте смешанных посевов без удобрений урожайность была 354 ц/га по зеленой массе, а в варианте внесения нормы $N_{120}P_{150}K_{150}$ этот показатель составил 614 ц/га, что в сравнении с контролем больше на 260 ц/га, т. е. на 73,4 %. В варианте органических и минеральных удобрений в норме 10 т/га (навоз) + $N_{70}P_{125}K_{90}$ урожайность зеленой массы составила 581 ц/га, что по сравнению с контрольным вариантом больше на 227 ц/га, или на 64,1 %. Достоверность $E = 10,83$ ц/га, $P = 2,1$ %. Установлено, что внесение оптимальных норм органических и минеральных удобрений на пожнивных посевах смешанно возделываемых культур кукурузы и сои наряду с повышением урожайности зеленой массы также положительно влияет на такие показатели качества корма, как сухое вещество азот нитрата, кормовые единицы и усваиваемый протеин. На основе результатов исследований установлено, что для достижения высокой урожайности и качества зеленой массы совместных посевов кукурузы и сои эффективно внесение минеральных удобрений в норме $N_{120}P_{150}K_{150}$ и совместное использование органических и минеральных удобрений в норме 10 т/га (навоз) + $N_{70}P_{125}K_{90}$.

Ключевые слова: удобрения, почва плодородия, пожнивные посевы, смешанный посев, протеин, зеленая масса, урожайность, кормовая единица.

Для цитирования: Аллахвердиев Э. Р. Влияние оптимизации норм органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы и показатели качества кормов на пожнивных посевах смешанно возделываемых культур // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-2-8.

Дата поступления статьи: 25.02.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и качества урожая в первую очередь зависит естественного плодородия почвы. Насущной проблемой является рассмотрение возможности повышения урожайности пожнивных посевов с целью обеспечения животноводства зеленым кормом или же силосом и сохранения плодородия почвы на серо-луговых почвах нижней части Карабахского региона, отличающейся весьма слабой эффективностью и плодородием, с целью привлечения атмосферного азота в биологический круговорот и создания условий усиления его продуктивности. Учитывая вышеуказанное, нами были заложены опыты с целью изучения влияния норм органических и минеральных удобрений на урожайность смешанных пожнивных посевов кукурузы и сои и определения оптимальной нормы удобрений.

По данным ФАО, к 2050 году во всем мире возникнет необходимость увеличения производства продовольствия и увеличения объема соответствующей продукции в

2 раза даже в развивающихся странах¹. Все это потребует рационального использования почв и агроклиматических ресурсов. Возделывание смешанных кормовых культур после уборки зерновых злаковых как промежуточных пожнивных культуры способствует достижению в течение года двух урожаев с одной площади, что является важным мероприятием, отвечающим современным требованиям по увеличению производства продовольственной продукции, поскольку возделывание смешанных культур после основной культуры не требует дополнительных посевных площадей.

Внесение минеральных удобрений – это одно из основных средств, способствующих получению высокой урожайности зерновых культур при условии выполнения остальных агротехнических приемов [1–6].

При смешанном выращивании растений с различными корневыми системами они усваивают питательные вещества в различных слоях почвы и распределяют их в посевном слое. Растения с глубоко проникающими корнями

¹ FAO Statistical DataBase (www.fao.org).

используют в основном питательные вещества нижних слоев, другие же – питательные вещества верхних слоев почвы. Одна часть этих питательных веществ содержится в верхних корневых и стеблевых остатках (т. е. в верхнем почвенном слое) и используется последующей возделываемой культурой [7], [8].

Урожайность смешанных посевов кормовых культур зависит от компонентов смеси и агротехнических мероприятий, в особенности от режима минеральных питательных веществ [9].

Важно сохранить плодородие почвы, ее основного свойства как особого природного тела, имеющего исключительное значение в поддержании жизни на Земле [10].

На орошаемых предгорных луго-каштановых почвах юго-восточной зоны Казахстана были определены урожайность смешанных посевов кукурузы и сои и оптимальные нормы и соотношения удобрений, обеспечивающие повышение количества протеина в кормовой массе [11].

В исследованиях, проведенных на средне-илистых почвах опытно-производственного хозяйства «Гаганский» НИИСХ Дагестана при выращивании пожнивных культур самая высокая урожайность получена в фазе молочно-восковой спелости зерна кукурузы [12–14].

Одним из важных агротехнических мероприятий, внедряемых с целью получения высоких урожаев смешанно возделываемых культур, является научно обоснованное изучение обеспеченности условий питания в требуемых количествах компонентов питания. Поэтому в деле достижения высоких урожаев с посевов смешанно возделываемых культур основную роль играет рациональное использование органических и минеральных удобрений. С учетом биологических особенностей выращиваемых культур, степени обеспеченности почвы питательными веществами внедряются оптимальные нормы органических и минеральных удобрений.

В результате расчленения и гниения органических удобрений, внесенных в почву, скопленный вокруг растений углекислый газ усваивается листьями в процессе фотосинтеза. Это приводит к тому, что в растениях усиливается накопление сухого вещества и повышается урожайность.

Цель исследований – изучить влияние органических и минеральных удобрений на урожайность смешанных пожнивных посевов кукурузы и сои на орошаемых серо-луговых почвах Карабахского региона и определить оптимальные нормы удобрений.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились общепринятыми агрохимическими методами в слабо обеспеченных питательными веществами почвах поселка Гиндарх Агджабединского района Азербайджанской Республики. Опыты ставились в пожнивных посевах кукурузы и сои в 9 вариантах, четырехкратной повторности. Общая площадь делянок составила 864 м² при размере одной делянки 4,8 × 5 м. В опытах использовали кукурузу сорта Закатала-514 и сою сорта Имеретинская при посевных нормах кукурузы 35 кг и сои 30 кг. Предшественником являлся ячмень.

Нитратный азот в составе урожая определяли по методике А. Г. Шестакова и В. П. Плешакова. Статистическая обработка данных проводилась по методике Б. А. Доспехова².

Результаты (Results)

Проведенные исследования показали, что правильный выбор культур при смешанном посеве, осуществление в требуемой форме комплекса агротехнических мероприятий, внедрение научно обоснованных норм минеральных и органоминеральных удобрений в ощутимой степени увеличивает количество и качество урожая.

Как видно из таблицы 1, проведенными опытами установлено положительное влияние внесения органических и минеральных удобрений на повышение урожайности смешанных пожнивных посевов кукурузы и сои.

В результате опытов установлено также, что при четырех вегетационных поливах (4200 м³/га) в контрольном варианте без удобрений урожайность смешанного посева составила 37,2 т/га, тогда как в вариантах с внедрением минеральных и органоминеральных удобрений урожайность повысилась до 44,7–62,7 т/га.

Таким образом, в результате проведенных нами опытов выяснено, что при четырехкратном вегетационном орошении (4200 м³/га) в условиях нехватки поливной воды в хозяйстве с внедрением минеральных и органоминеральных удобрений урожайность смешанных пожнивных посевов кукурузы и сои значительно повышается. При урожайности смешанных посевов в контрольном варианте без удобрений – 35,4 т/га, в опытном варианте с внедрением удобрений в норме N30P60K60 этот показатель составил 45,1 т/га, в варианте с нормой удобрений N60P90K90 – 52,0 т/га, в варианте N₉₀P₁₂₀K₁₂₀ – 60,1 т/га, а в варианте оптимальной нормы удобрений N₁₂₀P₁₅₀K₁₅₀ урожайность составила 61,4 т/га. Таким образом, в сравнении с контрольным вариантом наблюдается повышение урожайности на 26,0 т/га, или на 73,4 %.

При внесении минеральных и органоминеральных удобрений также наблюдалось значительное повышение урожайности. Так, в варианте «навоз 10 т/га + P₃₅» урожайность зеленой массы составила 42,3 т/га, в варианте «навоз 10 т/га + N₁₀P₆₅K₃₀» – 50,5 т/га, в варианте «навоз 10 т/га + N₄₀P₉₅K₆₀» – 57,4 т/га, а в варианте «навоз 10 т/га + N₇₀P₁₂₅K₉₀» – 58,1 т/га, что в сравнении с контрольным вариантом без удобрений означает прирост урожая на 22,7 т/га или же 64,1 %.

Проведенные по итогам исследований математические расчеты подтверждают точность поставленных опытов. Урожайность, достигнутая за счет удобрений, в несколько раз превышает показатель E : $E = 10,83$ ц/га, $P = 2,1$ %.

При соответствии сроков созревания компонентов смешанных посевов у них наблюдается повышение урожайя. Например, в фазе молочно-восковой спелости зерна кукурузы на сое происходит формирование бобов, поэтому корма, полученные от их смеси, отличаются высоким качеством. В сравнении с весенними посевами в составе урожая культур, выращиваемых в пожнивных посевах, скапливается больше белков, что указывает на еще более высокое качество полученных кормов. Внесение минеральных удобрений под кормовые культуры в смешанных посевах обеспечивает увеличение продуктивности [15], [16].

² Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 280 с.

Таблица 1

Влияние норм органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы смешанных поживных посевов кукурузы и сои (2018–2020), среднее за 3 года, ц/га

№	Варианты	Четырехкратное орошение (4200 м ³)			Шестикратное орошение (6300 м ³)		
		Средняя урожайность, ц/га (<i>E</i> = 10,83 ц/га, <i>P</i> = 2,1 %)	Прирост		Средняя урожайность, ц/га (<i>E</i> = 3,41 ц/га, <i>P</i> = 0,62 %)	Прирост	
			ц/га	%		ц/га	%
I	Контроль без удобрений	354	–	–	375	–	–
II	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	451	97	27,4	486	111	29,6
III	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	520	166	46,89	534	159	42,4
IV	N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	601	247	69,8	635	260	69,3
V	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	614	260	73,4	651	276	73,6
VI	Навоз 10 т/га + P ₃₅	423	69	19,5	454	79	21,6
VII	Навоз 10 т/га + N ₁₀ P ₆₅ K ₃₀	505	151	24,65	522	147	39,2
VIII	Навоз 10 т/га + N ₄₀ P ₉₅ K ₆₀	574	220	62,1	617	242	64,5
IX	Навоз 10 т/га + N ₇₀ P ₁₂₅ K ₉₀	581	227	64,1	628	253	67,5

Table 1
Effect of organic and mineral fertilizer rates on green matter yields of mixed maize and soybean stubble crops (2018–2020) 3-year average, c/ha

№	Options	4x irrigation (4200 м ³)			6x irrigation (6300 м ³)		
		Average yield, c/ha (<i>E</i> = 10,83 c/ha, <i>P</i> = 2,1 %)	Growth		Average yield, c/ha (<i>E</i> = 3,41 c/ha, <i>P</i> = 0,62 %)	Growth	
			c/ha	%		c/ha	%
I	Control without fertiliser	354	–	–	375	–	–
II	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	451	97	27.4	486	111	29.6
III	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	520	166	46.89	534	159	42.4
IV	N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	601	247	69.8	635	260	69.3
V	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	614	260	73.4	651	276	73.6
VI	Manure 10 t/ha + P ₃₅	423	69	19.5	454	79	21.6
VII	Manure 10 t/ha + N ₁₀ P ₆₅ K ₃₀	505	151	24.65	522	147	39.2
VIII	Manure 10 t/ha + N ₄₀ P ₉₅ K ₆₀	574	220	62.1	617	242	64.5
IX	Manure 10 t/ha + N ₇₀ P ₁₂₅ K ₉₀	581	227	64.1	628	253	67.5

Научно обоснованное внесение правильно установленных норм органических и минеральных удобрений на фоне предусмотренных агротехнических мероприятий предотвращая снижение естественного плодородия почвы, обеспечивает повышение ее плодородия, что в итоге обеспечивает нормальный рост и развитие смешанно высеваемых культур, повышение количества и качества урожая зеленой массы [17], [18].

В процессе исследований также изучено влияние оптимизации норм минеральных и органических удобрений и количества поливов на урожайность смешанных посевов и качество собранного корма. В результате проведенных анализов установлено количество сырого протеина, абсолютно сухого вещества, нитратного азота в естественной массе, выхода кормовой единицы с гектара и усвояемого протеина. Результаты анализов приведены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, при четырехкратном поливе на поживных посевах выращивания кукурузы и сои в контрольном варианте без удобрений сырой протеин составил 6,0–6,2 %, тогда как в варианте внедрения N₃₀P₆₀K₆₀ этот показатель составил 6,4–6,5 %, в варианте внедрения N₆₀P₉₀K₉₀ – соответственно 6,6–6,7 %, в варианте N₉₀P₁₂₀K₁₂₀ – 6,9–7,1 %, а в оптимальном варианте внедрения удобрений N₁₂₀P₁₅₀K₁₅₀ этот показатель повысился до 7,1–7,3 %.

При шестикратном вегетационном поливе и в варианте совместного внедрения органических и минеральных удобрений достигнуты аналогичные результаты. Так, в варианте внесения нормы «навоз 10 т/га + P₃₅» сырой протеин составил 6,4–6,6 %, в варианте «навоз 10 т/га + N₁₀P₆₅K₃₀» – 6,6–6,7 %, в варианте «навоз 10 т/га + N₄₀P₉₅K₆₀» – 7,0–7,1 %, а в варианте «навоз 10 т/га + N₇₀P₁₂₅K₉₀» – 7,2 %.

Влияние норм органических и минеральных удобрений на качество урожая пожнивных посевов смешанно возделываемых культур (кукуруза и соя)

№	Варианты	Воздушно-сухая масса сырого протеина, %		Сухое вещество, %		Нитратный азот в естественной массе, мг/кг		С гектара			
								Выход кормовой единицы		Усвояемый протеин, кг	
I	Контроль без удобрений	6,0	6,2	23,0	23,5	65	71	8057	8642	718,1	770,2
II	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	6,4	6,5	24,0	24,5	69	77	10245	10895	913,1	971,0
III	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	6,6	6,7	24,4	25,0	73	82	13082	13775	1166,0	1227,8
IV	N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6,9	7,1	25,0	26,0	78	87	13386	14447	1190,0	1287,6
V	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,1	7,3	26,0	26,5	85	92	13580	14750	1210,4	1314,6
VI	Навоз 10 т/га + P ₃₅	6,4	6,6	23,5	24,0	68	77	9682	10288	862,9	916,9
VII	Навоз 10 т/га + N ₁₀ P ₆₅ K ₃₀	6,6	6,7	24,0	25,5	73	79	12389	12866	1104,2	1146,7
VIII	Навоз 10 т/га + N ₄₀ P ₉₅ K ₆₀	7,0	7,1	24,5	26,0	78	85	12649	13711	1127,4	1221,9
IX	Навоз 10 т/га + N ₇₀ P ₁₂₅ K ₉₀	7,2	7,2	26,0	26,5	86	91	12931	14014	1152,5	1249,0

Table 2

Influence of organic and mineral fertilizer rates on crop quality of stubble crops of mixed crops (maize and soybean)

№	Options	Air-dry mass of raw protein, %		Dry matter, %		Nitrate nitrogen in natural matter, mg/kg		Per hectare			
								Feed unit yield		Digestible protein, kg	
I	Control without fertiliser	6.0	6.2	23.0	23.5	65	71	8057	8642	718.1	770.2
II	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	6.4	6.5	24.0	24.5	69	77	10245	10895	913.1	971.0
III	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	6.6	6.7	24.4	25.0	73	82	13082	13775	1166.0	1227.8
IV	N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6.9	7.1	25.0	26.0	78	87	13386	14447	1190.0	1287.6
V	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7.1	7.3	26.0	26.5	85	92	13580	14750	1210.4	1314.6
VI	Manure 10 t/ha + P ₃₅	6.4	6.6	23.5	24.0	68	77	9682	10288	862.9	916.9
VII	Manure 10 t/ha + N ₁₀ P ₆₅ K ₃₀	6.6	6.7	24.0	25.5	73	79	12389	12866	1104.2	1146.7
VIII	Manure 10 t/ha + N ₄₀ P ₉₅ K ₆₀	7.0	7.1	24.5	26.0	78	85	12649	13711	1127.4	1221.9
IX	Manure 10 t/ha + N ₇₀ P ₁₂₅ K ₉₀	7.2	7.2	26.0	26.5	86	91	12931	14014	1152.5	1249.0

Результаты анализов показывают, что под влиянием удобрений и поливов количество сухого вещества по абсолютному сухому весу также значительно повысилось. Например, в контрольном варианте без удобрений количество сухого вещества составило 23,0–23,5 %, тогда как в варианте внедрения удобрений N₄₀P₆₀K₆₀ этот показатель составил 24–24,5 %, в варианте N₆₀P₉₀K₉₀ – 24,4–25,0 %, в варианте N₉₀P₁₂₀K₁₂₀ – 25,0–26,0 %, а в оптимальном варианте N₁₂₀P₁₅₀K₁₅₀ этот показатель повысился до 26,0–26,5 %.

Аналогичные показатели наблюдались также в вариантах совместного внесения органических и минеральных удобрений. Так, в варианте внесения нормы «навоз 10 т/га + P₃₅» сырой протеин составил 23,5–24,0 %, в варианте «навоз 10 т/га + N₁₀P₆₅K₃₀» – 24,0–25,5 %, в варианте «навоз 10 т/га + N₄₀P₉₅K₆₀» – 24,5–26,0 %, а при внесении навоза 10 т/га + N₇₀P₁₂₅K₉₀ – 26,0–26,5 %.

В опытах было установлено влияние удобрений на накопление нитратного азота в зеленой массе. Результаты показывают, что в вариантах внесения минеральных

и органоминеральных удобрений отмечается повышение нитратного азота в зеленом корме. Так, на участке без удобрений в зеленой массе отмечалось накопление нитратного азота в количестве 65–71 мг/кг, в варианте внедрения N₄₀P₆₀K₆₀ этот показатель составил 69–77 мг/кг, в варианте N₆₀P₉₀K₉₀ – 73–82 мг/кг, в варианте N₉₀P₁₂₀K₁₂₀ – 78–87 мг/кг, а в оптимальном варианте внедрения N₁₂₀P₁₅₀K₁₅₀ содержание нитратного азота повысилось до 85–92 мг-кг.

Аналогичное положение наблюдалось в вариантах совместного внедрения органических и минеральных удобрений. Так, в варианте внесения нормы «навоз 10 т/га + P₃₅» сырой протеин составил 68–77 мг/кг, в варианте «навоз 10 т/га + N₁₀P₆₅K₃₀» – 73–79 мг/кг, в варианте «навоз 10 т/га + N₄₀P₉₅K₆₀» – 78–85 мг/кг, а в варианте «навоз 10 т/га + N₇₀P₁₂₅K₉₀» – 86–91 мг/кг. Эти показатели были значительно ниже максимально допустимого предела 200 мг/кг в естественной массе в кормовых культурах³.

³ Мовсумов З. Р., Агаев В. А. Сбор нитратов в растительных продуктах. Баку, 1994. 60 с.

Вышеизложенное подтверждает, что произведенный кормовой продукт безопасен с экологической точки зрения.

В период проведения исследований изучено влияние минеральных и органоминеральных удобрений на выход единицы корма и количество усвояемого протеина в урожае зеленой массы смешанных посевов.

При выходе с 1 га площади кормовой единицы 8057 кг и усвояемого протеина в количестве 718,1 кг в варианте внедрения $N_{40}P_{60}K_{60}$ эти показатели составили соответственно 10 245 и 913,1 кг, в варианте $N_{60}P_{90}K_{90}$ 13 082 и 1166,0 кг, в варианте $N_{90}P_{120}K_{120}$ – 13 386 и 1190,0 кг, а в оптимальном варианте внедрения удобрений в норме $N_{120}P_{150}K_{150}$ эти показатели повысились до 13 580 и 1210,4 кг.

Аналогичная ситуация наблюдалась и в вариантах совместного внедрения органических и минеральных удобрений. Так, в варианте внесения нормы «навоз 10 т/га + P_{35} » выход кормовой единицы составил 9682, а количество усвояемого протеина – 862,9 кг, в варианте «навоз 10 т/га + $N_{10}P_{65}K_{30}$ » кормовая единица и количество усвояемого протеина составили соответственно 12 389 и 1104,2 кг, в варианте «навоз 10 т/га + $N_{40}P_{95}K_{60}$ » эти показатели соответствовали 12 649 и 1127,4 кг, а в оптимальном варианте внесения нормы навоз «10 т/га + $N_{70}P_{125}K_{90}$ » составили соответственно 12 931 и 1152,5 кг.

Библиографический список

1. Абашев В. Д., Светлакова Е. В., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Денисова А. В. Влияние возрастающих доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 4 (41). С. 26–30.
2. Аллахвердиев Э. Р. Влияние норм поливов и удобрений на урожайность смешанных посевов по стерне // Сборник научных трудов АзСХА. 2007. Вып. 2. С. 80–81.
3. Кирюшин В. И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 30 (3). С. 19–25.
4. Munera-Echeverri J. L., Martinsen V., Strand L. T., Cornelissen G., Mulder J. Effect of conservation farming and biochar addition on soil organic carbon quality, nitrogen mineralization, and crop productivity in a light textured Acrisol in the sub-humid tropics // PLOS ONE. 2020. Vol. 15. No. 2. DOI: 10.1371/journal.pone.0228717.
5. Capatana N., Bolohan C., Marin D.I. Research regarding the influence of mineral fertilization along with Bradyrhizobium japonicum on soybean grain yield (*Glycine max* (L.) Merrill), under the conditions of south-east Romania // Scientific papers-Series A-Agronomy. 2017. Vol. 60. Pp. 207–214.
6. Akhtar K., Wang W. Y., Khan A., Ren G. X., Zaheer S., Sial T. A., Feng Y. Z., Yang G. H. Straw mulching with fertilizer nitrogen: An approach for improving crop yield, soil nutrients and enzyme activities // Soil use and management. 2019. Vol. 35. No. 3. Pp. 526–535. DOI: 10.1111/sum.12478.
7. Пасынков А. В., Светлакова Е. В., Котельникова Н. В., Абашев В. Д., Пасынкова Е. Н., Садакова Г. Г., Баландина С. А., Дуняшева Г. И., Рублева Н. В., Татарнинова М. С. Влияние длительности применения минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, продуктивность севооборота и качество зерна // Агротехнологии. 2016. № 10. С. 38–47.
8. Аллахвердиев Э. Р., Джафаров Ф. Т. Значение смешанных посевов // Современная аграрная наука. Актуальные проблемы века в условиях глобализации и перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции. Гянджа. 2014. Т. 1. С. 145–146.
9. Еремин Д. И., Демин Е. А. Фосфорный режим кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья // Агротехнологии. 2017. № 5 (65). С. 86–91.
10. Троц Б. Б., Троц Н. М. Кукуруза и сорго на силос в совместных посевах с мальвой // Земледелие. 2010. № 2. С. 40–42.
11. Ложкин А. Г. Изучение влияния элементов технологии возделывания сои сорта Черя 1 на качество семенного материала // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1 (1). С. 14–17.
12. Благоевский Г. В. Производство объемистых кормов в изменяющемся мире // Кормопроизводство. 2011. № 5. С. 3–5.
13. Семина С. А. Эффективность систем удобрения при возделывании кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2012. № 1. С. 39–42.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Полученные результаты позволяют прийти к заключению, что с целью повышения урожайности пожнивных посевов смешанно возделываемых культур кукурузы и сои на слабо обеспеченных питательными веществами серо-луговых почвах актуальным мероприятием является внедрение органических и минеральных удобрений.

На основе результатов исследований можно отметить, что для получения высокого урожая зеленой массы совместных пожнивных посевов кукурузы и сои установлены оптимальные нормы внесения минеральных ($N_{120}P_{150}K_{150}$), а также совместно органических и минеральных «навоз 10 т/га + $N_{70}P_{125}K_{90}$ » удобрений.

Таким образом, правильное и своевременное внедрение оптимальных норм удобрений на смешанных посевах кормовых культур значительно повышает количество урожая и его качественные показатели.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена при финансовой поддержке Азербайджанского государственного аграрного университета. Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

14. Шевцова Л. П., Королева Н. В. Влияние защитно- и ростостимулирующих препаратов на продуктивность нута в сухостепном Заволжье // Новые и нетрадиционные растения, перспективы их использования: материалы IX Международного симпозиума. Москва, 2011. Т. 3. С. 196–199.

15. Бельченко С. А., Белоус И. Н., Драганская М. Г. Влияние систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы кукурузы // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 5. С. 59–61.

16. Тошкина Е. А. Сравнительная продуктивность зернобобовых культур при разных приёмах возделывания // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2015. № 3-1 (86). С. 124–130.

17. Ada R., Öztürk Ö., Akinerdem F. Konya koşullarında bazı soya çeşitlerinin verim, verim unsurları ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Selçuk Ü. Zir. Fak. Tarla Bitkileri Böl., Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi. 2009. Hatay. Pp. 201–204.

18. Забашта Н. Н., Глазов А. Ф., Головкин Е. Н., Полежаева О. А. Качество сенажа из люцерны и силоса кукурузного, приготовленных с биоконсервантами «Биовет-закваска» и «Битасил» // Сборник научных трудов Северо-Кавказского НИИ животноводства. 2012. Т. 1. № 1. С. 86–91.

Об авторах:

Эльхан Раджаб оглы Аллахвердиев¹, доцент, ORCID 0000-0002-9273-4495; elxan_recebli@mail.ru

¹ Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа, Азербайджанская Республика

Influence of the optimization of the norms of organic and mineral fertilizers on the yield of green mass and indicators of the quality of fodder on stubble crops of mixed crops

E. R. Allakhverdiev¹✉

¹ Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Republic of Azerbaijan

✉ E-mail: elxan_recebli@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies on the effect of optimization of organic and mineral fertilizers on the yield of green mass and indicators of the quality of forage on stubble crops of mixed cultivated crops on poorly supplied with nutrients gray-meadow soils. The introduction of optimal rates of organic and mineral fertilizers on stubble crops of mixed crops of corn and sorghum increased the yield of green mass. With a yield of green mass of 372 c/ha in the control variant of mixed crops without fertilizers, in the variant of introducing the norm $N_{120}P_{150}K_{150}$, this figure was 627 c/ha, which is 255 c/ha more in comparison with the control, i.e. by 68 %. It has been found that the introduction of optimal rates of organic and mineral fertilizers on stubble crops of mixed crops of corn and soybeans, along with an increase in the yield of green mass, has a positive effect on its quality indicators. Based on the research results, it was found that to achieve a high yield of green mass of joint crops of corn and soybeans, it is effective to introduce mineral fertilizers at the rate of $N_{120}P_{150}K_{150}$ and the joint use of organic and mineral fertilizers at the rate of 10 t/ha (manure) + $N_{70}P_{125}K_{90}$.

Keywords: fertilizers, fertility soil, stubble crops, mixed crops, protein, green mass, yield, feed unit.

For citation: Allakhverdiev E. R. Vliyanie optimizatsii norm organicheskikh i mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' zele-noy massy i pokazateli kachestva kormov na pozhnivnykh posevakh smeshanno vozdeleyvaemykh kul'tur [Influence of opti-misation of norms of organic and mineral fertilizers on productivity of green weight and indicators of quality of forages on stubble crops mixed cultivated cultures] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-2-8. (In Russian.)

Paper submitted: 25.02.2021.

References

1. Abashev V. D., Svetlakova E. V., Popov F. A., Noskova E. N., Denisova A. V. Vliyanie vozrastayushchikh doz i sootnosheniy mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna ozimoy rzhi [Influence of increasing rates and ratio of mineral fertilizers on winter rye yield and seed quality] // Agricultural Science Euro-North-East. 2014. No. 4 (41). Pp. 26-30. (In Russian.)

2. Allakhverdiev E. R. Vliyanie norm polivov i udobreniy na urozhaynost' smeshannykh posevov po sterne [Influence of irrigation and fertilizer norms on the yield of mixed crops on stubble] // Collection of scientific works of the Azerbaijan Agricultural Academy. Ganja, 2007. Vol. 2. Pp. 80–81.

3. Kiryushin V. I. Mineral'nye udobreniya kak klyuchevoy faktor razvitiya sel'skogo khozyaystva i optimizatsii prirodopol'zovaniya [Mineral fertilizers as the key factor of agriculture development and optimization of nature management] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2016. No. 30 (3). Pp. 19–25. (In Russian.)

4. Munera-Echeverri J. L., Martinsen V., Strand L. T., Cornelissen G., Mulder J. Effect of conservation farming and biochar addition on soil organic carbon quality, nitrogen mineralization, and crop productivity in a light textured Acrisol in the sub-humid tropics // PLOS ONE. 2020. Vol. 15. No. 2. DOI: 10.1371/journal.pone.0228717.
5. Capatana N., Bolohan C., Marin D.I. Research regarding the influence of mineral fertilization along with Bradyrhizobium japonicum on soybean grain yield (*Glycine max* (L.) Merrill), under the conditions of south-east Romania // Scientific papers-Series A-Agronomy. 2017. Vol. 60. Pp. 207–214.
6. Akhtar K., Wang W. Y., Khan A., Ren G. X., Zaheer S., Sial T. A., Feng Y. Z., Yang G. H. Straw mulching with fertilizer nitrogen: An approach for improving crop yield, soil nutrients and enzyme activities // Soil use and management. 2019. Vol. 35. No. 3. Pp. 526–535. DOI: 10.1111/sum.12478.
7. Pasyukov A. V., Svetlakova E. V., Kotel'nikova N. V., Abashev V. D., Pasyukova E. N., Sadakova G. G., Balandina S. A., Dunyasheva G. I., Rubleva N. V., Tatarinova M. S. Vliyanie dlitel'nosti primeneniya mineral'nykh udobreniy na plodorodie dernovo-podzolistoy pochvy, produktivnost' sevooborota i kachestvo zerna. [The influence of long-term application of fertilizers on fertility of soddy-podzolic soil, productivity of crop rotation and grain quality] // Agrokimiya. 2016. No. 10. Pp. 38–47. (In Russian.)
8. Allakhverdiev E. R., Dzhafarov F. T. Znachenie smeshannykh posevov [Importance of mixed crops] // Sovremennaya agrarnaya nauka. Aktual'nye problemy veka v usloviyakh globalizatsii i perspektivy razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ganja, 2014. Vol. 1. Pp. 145–146. (In Russian.)
9. Eremin D. I., Demin E. A. Fosfornyy rezhim kukuruzy, vyrashchivaemoy po zernovoy tekhnologii v lesostepnoy zone Zaural'ya [Phosphorus regime of corn grown using grain technology in the Forest-steppe zone of the Trans-Urals] // Agro-food policy in Russia. 2017. No. 5 (65). Pp. 86–91. (In Russian.)
10. Trots B. B., Trots N. M. Kukuruza i sorgo na silos v sovместnykh posevakh s mal'voy [Corn and sorghum for silage in joint crops with mallow]. Zemledelie. 2010. No. 02. Pp. 40–42. (In Russian.)
11. Lozhkin A. G. Izuchenie vliyaniya elementov tekhnologii vozdeleyvaniya soi sorta Chera 1 na kachestvo semennogo materiala [Studying the influence of elements of soybean cultivating technology of Chera 1 varieties on the quality of seed material] // Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2017. No. 1 (1). Pp. 14–17. (In Russian.)
12. Blagoveshchenskiy G. V. Proizvodstvo ob'emistykh kormov v izmenyayushchemsya mire [Production of voluminous feed in a changing world] // Fodder Production. 2011. No. 5. Pp. 3–5. (In Russian.)
13. Semina S. A. Semina S. A. Effektivnost' sistem udobreniya pri vozdeleyvanii kukuruzy v lesostepi Srednego Povolzh'ya [Efficiency of fertilizer systems in crop cultivation in the forest-steppe of the middle Volga region] // Volga Region Farmland. 2012. No. 1. Pp. 39–42. (In Russian.)
14. Shevtsova L. P., Koroleva N. V. Vliyanie zashchitno- i rostostimuliruyushchikh preparatov na produktivnost' nuta v sukhostepnom Zavolzh'e [The effect of protective and growth-stimulating drugs on the productivity of chickpea in the dry-steppe Trans-Volga region] // Noye i netraditsionnye rasteniya, perspektivy ikh ispol'zovaniya: materialy IX Mezhdunarodnogo simpoziuma. Moscow, 2011. Vol. 3. Pp. 196–199. (In Russian.)
15. Bel'chenko S. A., Belous I. N., Draganskaya M. G. Vliyanie sistem udobreniya na urozhaynost' i kachestvo zelenoy massy kukuruzy [Influence of fertilization systems on the yield and quality of the green mass of corn] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2011. No. 5. Pp. 59–61. (In Russian.)
16. Toshkina E. A. Sravnitel'naya produktivnost' zernobobovykh kul'tur pri raznykh priemakh vozdeleyvaniya [Comparative productivity of leguminous crops at different methods of cultivation] // Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta im. Yaroslava Mudrogo. 2015. No. 3-1 (86). Pp. 124–130. (In Russian.)
17. Ada R., Öztürk Ö., Akınerdem F. Konya koşullarında bazı soya çeşitlerinin verim, verim unsurları ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Selçuk Ü. Zir. Fak. Tarla Bitkileri Böl., Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi. 2009. Hatay. Pp. 201–204.
18. Zabashta N. N., Glazov A. F., Golovko E. N., Polezhaeva O. A. Kachestvo senazha iz lyutserny i silosa kukuruznogo, prigotovlennykh s biokonservantami "Biovet-zakvaska" i "Bitasil" [Quality of silage from alfalfa and corn silage, cooked with bioconvents "Biovet-starter" and "Bitasil"] // Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva. 2012. Vol. 1. No. 1. Pp. 86–91. (In Russian.)

Authors' information:

Elkhan R. Allakhverdiev¹, associate professor, ORCID 0000-0002-9273-4495; elxan_recebli@mail.ru

¹ Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Republic of Azerbaijan

Влияние средообразующих факторов на продуктивность озимой пшеницы

В. А. Бурлуцкий¹, П. С. Семешкина^{1✉}, В. Н. Мазуров¹

¹ Калужский НИИСХ – филиал ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, Калужская опытная сельскохозяйственная станция, Россия

✉ E-mail: polina.semeshkina@gmail.com

Аннотация. Цель настоящего исследования – изучение влияния предшественников и удобрений на урожайность и качество зерна пшеницы озимой. **Методы.** Исследования проведены в многолетнем стационарном полевом опыте на серой лесной среднесуглинистой почве. Закладка полевого опыта, наблюдения, учеты и обобщение результатов исследований выполнены в соответствии с методическими рекомендациями Б. А. Доспехова. Статистическую обработку результатов исследований выполняли с использованием программы Microsoft Excel 2007 с 95-процентным уровнем значимости результатов. **Результаты.** В результате проведенных исследований отмечено, что изучаемые предшественники оказали незначительное влияние на развитие растений пшеницы озимой в начальные фазы роста. Густота растений пшеницы озимой в период всходов варьировала в пределах 314–323 шт/м² без применения удобрений и 317–328 шт/м² на фоне их применения. Дальнейший рост и развитие растений проходили в тесной взаимосвязи от изучаемых факторов. В конце вегетации количество продуктивных стеблей было больше на делянках, где в качестве предшественника использовали клевер первого года пользования, как на контроле (без удобрений), так и при внесении минеральных удобрений. Соответственно, урожайность зерна пшеницы озимой была выше по данному предшественнику, составив в среднем за 2014–2019 годы 35,7 ц/га. Без внесения удобрений в зависимости от предшественника получено 25,2–32,8 ц/га, на фоне внесения удобрений – 34,2–39,6 ц/га зерна озимой пшеницы. В среднем за годы исследований в зерне пшеницы озимой содержалось 10,7–14,0 % белка. В зависимости от года этот показатель изменялся от 8,8 % до 16,8 %. При этом наименьшие значения по содержанию белка получены на вариантах без применения удобрений. В целом содержание белка и клейковины в зерне пшеницы озимой в большей степени зависело от внесения минеральных удобрений и в незначительной от предшественника. Масса 1000 зерен в зависимости от этих факторов изменялась несущественно.

Ключевые слова: севооборот, предшественник, пшеница озимая, минеральные удобрения.

Для цитирования: Бурлуцкий В. А., Семешкина П. С., Мазуров В. Н. Влияние средообразующих факторов на продуктивность озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 9–16. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-9-16.

Дата поступления статьи: 02.03.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Поиск новых путей повышения продуктивности полевых культур при одновременном сохранении плодородия почвы является одним из важнейших факторов сельскохозяйственного производства. При этом ведущая роль в сохранении почвенного плодородия отводится органическим удобрениям [1, с. 27], [2, с. 5]. Достаточно остро этот вопрос встает в районах Нечерноземной зоны Российской Федерации, особенно на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Внесение органических удобрений здесь не только создает благоприятные условия для роста и развития растений, но и значительно способствует изменению агрохимических и агрофизических свойств почвы в зависимости от состава культур севооборотов, вида и доз используемых удобрений. Органическая система удобрения, по мнению ряда авторов, обеспечивает формирование 80–99 % продуктивности севооборотов от достигнутого максимума и способствует, как минимум, сохранению содержания гумуса в почве на исходном или

несколько более высоком уровне [3, с. 44]. Однако в последние годы внесение органических удобрений сведено к минимуму. Так, в условиях Калужской области в среднем на 1 га посевной площади вносят всего 2,5 т/га органических удобрений [4, с. 4]. В этой связи дефицит органики в севооборотах может быть восполнен только за счет включения в севообороты зернобобовых культур, многолетних бобовых трав и промежуточных сидеральных посевов [5, с. 16].

По данным В. В. Конончук и др. [3, с. 40], повышение доли многолетних трав в севообороте до 50 % оказывало положительное влияние в первую очередь на общий сбор сухой надземной массы последних, увеличивая продуктивность севооборота в среднем с 8,32 т/га до 13,6 т/га или на 60 %. Возрастала также урожайность зерна люпина узколистного в первой ротации (прибавка 24 %) и овса в последующих двух ротациях (прибавка 12 %). В то же время урожайность озимых культур в целом снижалась на 7 % вследствие полегания тритикале. Многие ис-

следователи включение в севооборот многолетних трав рассматривают как важный и положительный фактор сохранения и стабилизации плодородия почв [6, с. 23], [7, с. 6], [8, с. 15]. С другой стороны, важным показателем эффективности производства является урожайность культур. Среди зерновых пшеница озимая является одной наиболее распространенных культур и занимает достаточно большой удельный вес в структуре зернового клина многих регионов России. Так, в Калужской области ее возделывают на площади 29,7 тыс. га [9, с. 3]. Озимой пшенице принадлежит ведущее место в увеличении производства зерна. Она также формирует более высокие урожаи зерна, чем яровые. В среднем в нашей области получают 28,8 ц/га зерна [9, с. 11], хотя генетический потенциал современных сортов пшеницы озимой позволяет получить 60–80 и более ц/га. А последние селекционные достижения Федерального исследовательского центра «Немчиновка», наиболее распространенные в нашем регионе, обладают потенциалом, позволяющим получать 100–120 ц/га и даже более. Однако достичь такой урожайности в производственных условиях можно только при сочетании многих факторов, в том числе и использовании минеральных удобрений [10, с. 11], [11, с. 11], [12, с. 544], [13, с. 59]. Поэтому совершенствование севооборотов и приемов возделывания сельскохозяйственных культур с целью повышения урожайности является важным фактором в увеличении производства зерна.

Методология и методы исследования (Methods)

Цель исследований – изучение и оценка влияния предшественников и удобрений на урожайность и качество зерна пшеницы озимой.

Исследования проведены на полях Калужского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» в 2014–2019 годах в соответствии с обще-

принятыми методиками [14, с. 28] в многолетнем стационарном полевом опыте, заложенном в 1999 году. Общая площадь делянки – 110 м², повторность трехкратная, расположение ярусное. Результаты исследований статистически обработаны методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Содержание белка и количество клейковины в зерне пшеницы озимой определяли в соответствии с методиками национальных стандартов Российской Федерации (ГОСТ 10846 91 и ГОСТ Р 54478-2011). Объект исследований – пшеница озимая Московская 56 селекции ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка».

В опыте изучали продуктивность озимой пшеницы в зависимости от предшественника без внесения минеральных удобрений и на фоне их применения, возделываемой в севооборотах с 30 %, 40 % и 60 % зернобобовых культур и многолетних бобовых трав в структуре четвертой ротации. Удобрения в опыте внесены из расчета $N_{80-110} P_{115-130} K_{110-140}$. Фосфор и калий вносили под предпосевную обработку, азот – дробно (N_{30-40} – под культивацию, N_{50-70} – в подкормку весной).

Технология возделывания общепринятая для региона. Основная обработка включала вспашку с предварительным лушением (пласт многолетних трав предварительно дисковали). Затем проводили предпосевную культивацию, посев и прикатывание после посева с учетом складывающихся погодных условий. Озимую пшеницу высевали в оптимальные для региона сроки (вторая декада сентября). Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га.

Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая на лессовидном суглинке, перед закладкой опыта (1999 год) пахотный слой ее (0–20 см) характеризовался следующими показателями: pH – 4,9–5,0; $N_{п.г.}$ – 5,8–6,3; усвояемых форм P_2O_5 и K_2O – 134–156 и 101...–111 мг/кг почвы.

Таблица 1
Формирование параметров продуктивности пшеницы озимой в зависимости от изучаемых факторов (среднее за 2014–2019 гг.)

Предшественник (фон А)	Удобрения (фон Б)	Густота всходов		Высота растений, см	Количество продуктивных стеблей, шт/м ²
		шт/м ²	C_v		
Вико-овсяная смесь	Без удобрений	323	17,3	77,8	357
	Удобрения	328	17,4	89,7	419
Клевер 1 г. п.	Без удобрений	319	16,6	85,4	378
	Удобрения	331	15,7	91,3	461
Клевер 2 г. п.	Без удобрений	314	18,8	82,8	369
	Удобрения	317	18,4	90,3	432
Средняя		322	17,4	86,2	403

Table 1
Formation of parameters of winter wheat productivity depending on the factors studied (average for 2014–2019)

Predecessor (background A)	Fertilizers (background B)	Seedling density		Plant height, cm	Number of productive stems, pcs/m ²
		pcs/m ²	C_v		
Vetch-oat mixture	No fertilizers	323	17.3	77.8	357
	Fertilizers	328	17.4	89.7	419
Clover 1 year	No fertilizers	319	16.6	85.4	378
	Fertilizers	331	15.7	91.3	461
Clover 2 year	No fertilizers	314	18.8	82.8	369
	Fertilizers	317	18.4	90.3	432
Average		322	17.4	86.2	403

Погодные условия вегетационных периодов (апрель – сентябрь) в годы проведения опытов были различными. Так, агрометеорологические условия вегетационных периодов 2015–2019 годов по сумме эффективных температур практически не отличались от среднемноголетних значений при умеренном увлажнении в 2015 и 2017 годах (ГТК 1,0 и 1,3), избыточном – в 2016 и 2019 (ГТК – 1,9 и 1,7) и недостаточном увлажнении в 2018 (ГТК – 0,6). В 2014 году средняя температура воздуха практически во все месяцы была выше климатической нормы при значительном дефиците осадков (ГТК – 0,8).

Результаты (Results)

Анализ полученных результатов показал, что в зависимости от предшественника в период полных всходов на 1 м² насчитывалось от 314 до 331 растения озимой пшеницы. Погодные условия практически во все годы проведения исследований, кроме 2015-го, в данный период отличались незначительно, поэтому колебания этого показателя по годам было невысоким при средней изменчивости коэффициента вариации (15,7–18,8 %). При этом в зависимости от изучаемых факторов количество растений на 1 м² изменялось незначительно (таблица 1).

Однако наименьшее количество всходов было отмечено в 2015 году. В среднем по изучаемым приемам в фазу полных всходов на 1 м² насчитывалось 241 растение, в другие годы этот показатель изменялся от 305 до 410 растений на 1 м².

Наибольшие показатели высоты растений получены при возделывании пшеницы озимой по пласту клевера первого года пользования как на фоне внесения удобрений, так и без их применения. По вико-овсяной смеси без внесения удобрений растения пшеницы озимой были ниже на 4,5–7,6 см, а на фоне внесения удобрений эти различия практически сглаживались. В конце вегетации на 1 м² насчитывалось 357–461 штук продуктивных стеблей. Наибольшее значение данного показателя также было получено на варианте, где в качестве предшественника

использовали клевер первого года пользования на фоне внесения минеральных удобрений.

Учет засоренности посевов озимой пшеницы показал, что засоренность на изучаемых вариантах была невысокой, значительно ниже экономического порога вредности для озимых культур. В начале весенней вегетации в фазу кущения на 1 м² насчитывалось от 2,25 до 4,75 сорных растений на делянках без внесения удобрений и 3,25–5,50 штук на фоне внесения удобрений, из них многолетних 0,75–1,50 и 1,00–1,25 штук соответственно. Из однолетних сорняков в посевах преобладали марь белая, щирица запрокинутая, подмаренник цепкий, пастушья сумка и другие, из многолетних – осот розовый, осот желтый, выюнок полевой. Более высокая засоренность отмечена на вариантах с внесением минеральных удобрений как в начале весенней вегетации, так и перед уборкой. Многолетних сорных растений также было больше при внесении удобрений. В конце вегетации озимой пшеницы засоренность посевов несколько снижалась практически на всех вариантах (таблица 2).

Одним из важнейших показателей, обобщающих действие того или иного фактора, является урожайность. Урожайность озимой пшеницы за годы проведения опыта изменялась от 13,9 до 49,7 ц/га. В среднем по опыту получено 28,6 ц/га, а в среднем по годам – 22,0–39,1 ц/га. При этом наибольший урожай зерна пшеницы озимой (39,1 ц/га) собран в 2017, что выше по сравнению со средней урожайностью на 37 % и на 77 % по отношению к 2016 году, в котором был получен минимальный урожай (22,0 ц/га). Отрицательное влияние на формирование урожая пшеницы озимой оказали погодные условия в начальные фазы развития. В августе и сентябре 2015 года сложились крайне сложные условия для подготовки почвы, посева и развития озимых культур. Температура воздуха была выше на 0,9 и 3,3 °С при остром дефиците осадков. В сумме за два месяца выпало всего 48 % от нормы, а в августе – всего 10 % от нормы, что оказало существенное

Таблица 2
Засоренность посевов озимой пшеницы (среднее за 2014–2019 гг.)

Предшественник (фон А)	Удобрения (фон Б)	Кущение		Перед уборкой	
		Всего	В т. ч. многолетние	Всего	В т. ч. многолетние
Вико-овсяная смесь	Без удобрений	3,75	1,25	2,75	1,00
	Удобрения	5,50	2,25	3,50	1,00
Клевер 1 г. п.	Без удобрений	2,25	0,50	2,50	0,75
	Удобрения	3,25	1,25	4,00	1,25
Клевер 2 г. п.	Без удобрений	4,75	1,75	5,50	1,50
	Удобрения	5,50	1,75	3,75	1,25

Table 2
Weediness of winter wheat crops (average for 2014–2019)

Predecessor (background A)	Fertilizers (background B)	Tillering		Before cleaning	
		Total	Including perennial	Total	Including perennial
Vetch-oat mixture	No fertilizers	3.75	1.25	2.75	1.00
	Fertilizers	5.50	2.25	3.50	1.00
Clover 1 year	No fertilizers	2.25	0.50	2.50	0.75
	Fertilizers	3.25	1.25	4.00	1.25
Clover 2 year.	No fertilizers	4.75	1.75	5.50	1.50
	Fertilizers	5.50	1.75	3.75	1.25

влияние на формирование урожайности озимой пшеницы (таблица 3).

В среднем за годы проведения опыта в зависимости от изучаемых факторов урожайность пшеницы озимой изменялась от 25,4 ц/га до 39,6 ц/га. При этом наименьший урожай зерна был получен на варианте, где в качестве предшественника была посеяна вико-овсяная смесь без применения минеральных удобрений (25,4 ц/га), а на фоне их внесения после клевера второго года пользования (33,3). Наибольшую прибавку урожая (8,8 ц/га) минеральные удобрения обеспечили при возделывании озимой пшеницы по вико-овсяной смеси. В среднем по фону А (предшественник) получено 29,8–35,7 ц/га зерна пшеницы озимой, а наибольший урожай (35,7 ц/га) получен при возделывании культуры по пласту клевера первого года пользования. Различия математически достоверны. При выращивании пшеницы озимой по пласту клевера второго года во все годы исследований получена практически одинаковая урожайность на фоне внесения минеральных удобрений и без их применения. Это может быть связано с тем, что более высокая урожайность клевера второго года пользования обеспечивает большее поступление в почву пожнивно-корневых остатков, соответственно, и пополнение почвы элементами питания по этому предшественнику было выше. Кроме этого сказалось положительное

последствие других культур севооборота с 60-процентным насыщением бобовыми. Дополнительное внесение минерального азота вызвало полегание посевов пшеницы озимой, что в итоге сказалось на урожайности. В результате различия по уровню урожайности между вариантами с внесением удобрений и без их применения на этом фоне были минимальны.

В севооборотах с 30 % и 40 % бобовых в структуре наибольшая урожайность пшеницы озимой получена по клеверу первого года пользования – 35,7 ц/га в среднем по фону и 39,6 ц/га на фоне внесения удобрений, что больше по сравнению с вариантом, где пшеница озимая была посеяна по вико-овсяной смеси (контроль), на 5,9 и 7,4 ц/га, или 19,9 % и 29 %. По клеверу второго года пользования урожайность пшеницы озимой была больше контроля (вико-овсяная) на 3,3 ц/га в среднем по фону, на 7,4 ц/га по сравнению с вариантом без внесения удобрений и на 0,9 ц/га меньше на фоне применения минеральных удобрений.

Анализ динамики формирования урожайности пшеницы озимой за период 2014–2019 годы показал, что вариативность ее определяется влиянием агроклиматических условий года возделывания на 45,3 %, изучаемых факторов на 24,8 % (удобрения – 19,1 %, предшественник – 5,7 %).

Таблица 3
Урожайность пшеницы озимой, ц/га

Предшественник (фон А)	Удобрения (фон Б)	Годы						Средняя	Средняя по фону А
		2014	2015	2016	2017	2018	2019		
Вико-овсяная смесь	Без удобрений	28,4	31,0	13,9	25,5	26,3	27,2	25,4	29,8
	Удобрения	34,9	35,5	32,2	49,7	25,3	27,8	34,2	
Клевер 1 г.п.	Без удобрений	32,4	33,5	18,7	38,7	28,2	38,5	31,7	35,7
	Удобрения	38,8	44,5	34,5	49,6	36,3	33,9	39,6	
Клевер 2 г.п.	Без удобрений	37,5	38,5	19,2	48,2	26,2	27,2	32,8	33,1
	Удобрения	34,8	34,5	27,5	48,3	26,9	27,8	33,3	
Средняя		29,7	31,1	22,0	39,1	23,8	25,9		
Средняя по фону Б		Без удобрений							30,0
		Удобрения							35,7
НСР ₀₅ – 6,73; НСР ₀₅ (по фону А) – 3,73; НСР ₀₅ (по фону Б) – 4,49									

Table 3
Winter wheat yield, c/ha

Predecessor (background A)	Fertilizers (background B)	Years						Average	Average over background A
		2014	2015	2016	2017	2018	2019		
Vetch-oat mixture	No fertilizers	28.4	31.0	13.9	25.5	26.3	27.2	25.4	29.8
	Fertilizers	34.9	35.5	32.2	49.7	25.3	27.8	34.2	
Clover 1 year	No fertilizers	32.4	33.5	18.7	38.7	28.2	38.5	31.7	35.7
	Fertilizers	38.8	44.5	34.5	49.6	36.3	33.9	39.6	
Clover 2 year.	No fertilizers	37.5	38.5	19.2	48.2	26.2	27.2	32.8	33.1
	Fertilizers	34.8	34.5	27.5	48.3	26.9	27.8	33.3	
Average		29.7	31.1	22.0	39.1	23.8	25.9		
Average over background B		No fertilizers							30.0
		Fertilizers							35.7
LSD ₀₅ – 6.73; LSD ₀₅ – 3.73 (background A); LSD ₀₅ – 4.49 (background B)									

Влияние изучаемых факторов на качественные показатели пшеницы озимой (2014–2019 гг.)

Предшественник (фон А)	Удобрения (фон Б)	Урожайность, ц/га	Масса 1000 семян, г	Содержание, %	
				Белка	Клейковины
Вико-овсяная смесь	Без удобрений	25,4	44,73	10,7	21,4
	Удобрения	34,2	45,77	13,7	25,3
Клевер 1 г. п.	Без удобрений	31,7	44,91	10,3	20,5
	Удобрения	39,6	45,77	12,8	26,6
Клевер 2 г. п.	Без удобрений	32,8	45,27	11,9	23,2
	Удобрения	33,3	46,05	14,0	27,9

Table 4

The influence of the studied factors on the quality indicators of winter wheat (2014–2019)

Predecessor (background A)	Fertilizers (background B)	Productivity, c/ha	Weight of 1000 seeds, g	Content, %	
				Protein	Gluten
Vetch-oat mixture	No fertilizers	25.4	44.73	10.7	21.4
	Fertilizers	34.2	45.77	13.7	25.3
Clover 1 year	No fertilizers	31.7	44.91	10.3	20.5
	Fertilizers	39.6	45.77	12.8	26.6
Clover 2 year	No fertilizers	32.8	45.27	11.9	23.2
	Fertilizers	33.3	46.05	14.0	27.9

Наряду с величиной урожайности качество зерна также является важным показателем оценки эффективности возделывания полевых культур. Одним из важнейших показателей качества зерна является содержание белка. По результатам наших исследований, в зерне пшеницы озимой без применения удобрений в среднем за годы исследований содержалось 10,7–14,0 % белка. В зависимости от года этот показатель изменялся от 8,8 % до 16,8 %. При этом наименьшие значения по содержанию белка в зерне пшеницы получены на вариантах без применения удобрений. На фоне внесения минеральных удобрений в зерне пшеницы озимой содержалось 13,5 % белка, что на 2,5 % больше по сравнению с неудобренным фоном. Не установлено существенных изменений данного показателя в зависимости от предшественника. Отмечена лишь тенденция увеличения содержания белка в зерне после клевера 2 года пользования как без применения удобрений, так и на фоне их внесения. Аналогичный результат получен и по изменению содержания клейковины, наибольшая величина данного показателя была на фоне внесения минеральных удобрений. Наши исследования по данному вопросу согласуются с результатами, полученными в других зонах [15, с. 27]. Масса 1000 семян в зависимости от предшественника и удобрений изменялась в пределах 45,3–48,7 г и 45,0–45,9 г соответственно (таблица 4).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Установлено, что изучаемые предшественники оказали незначительное влияние на развитие растений пшеницы в начальные фазы роста. Густота растений пшеницы озимой в период всходов варьировала в пределах 314–323 шт/м² без применения минеральных удобрений и 317–328 шт/м² на фоне их внесения. Дальнейший рост и развитие растений проходили в тесной взаимосвязи от изучаемых факторов. В конце вегетации количество продуктивных стеблей было выше на делянках, где в качестве предшественника выступал клевер первого года пользования как на контроле (без удобрений), так и при внесении минеральных удобрений. На этих делянках насчитывалось 378 и 461 продуктивных стеблей, что больше по сравнению с контролем (вико-овсяная смесь) на 21 и 42 стебля соответственно. Таким образом, урожайность зерна пшеницы озимой была выше по данному предшественнику, составив в среднем за годы исследований 35,7 ц/га. Без внесения удобрений в зависимости от предшественника получено 25,2–32,8 ц/га, на фоне внесения удобрений – 34,2–39,6 ц/га зерна озимой пшеницы. Содержание белка и клейковины в зерне в большей степени зависело в основном от внесения минеральных удобрений и в незначительной степени от предшественника, масса 1000 семян от этих факторов изменялась несущественно.

Библиографический список

1. Мельцаев И. Г., Эседуллаев С. Т. Влияние органического удобрения и способов его заделки на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в Верхневолжском регионе // Плодородие. 2019. № 3 (108). С. 25–29. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.08.
2. Налиухин А. Н., Белозеров Д. А., Ерегин А. В. Изменение агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения // Земледелие. 2018. № 8. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10801.
3. Конончук В. В., Штырхунов В. Д., Благовещенский Г. В., Тимошенко С. М., Назарова Т. О. Эффективность и оптимизация систем удобрения в севооборотах с разной долей многолетних трав на дерново-подзолистой почве центра Нечерноземной зоны России // Агрохимия. 2020. № 7. С. 36–46.

4. Внесение удобрений в крупных, средних и малых сельскохозяйственных организациях Калужской области под урожай 2019. Статистический сборник. Калуга, 2020. 24 с.
5. Завалин А. А., Шмырева Н. Я., Соколов О. А., Авилов А. С. Использование азота горчицы белой озимой пшеницей в зависимости от способа внесения азотных удобрений // Земледелие. 2016. № 5. С. 15–17.
6. Эседуллаев С. Т., Мельцаев И. Г. Биологизированные севообороты – основной фактор повышения плодородия дерново-подзолистых почв и продуктивности пашни в Верхневолжье // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11 (190). С. 18–26. DOI: 10.32417/article_5dcd861e3d2300.42959538.
7. Гребенников В.Г., Шилов А.И., Хонина О.В. Урожайность озимой пшеницы и средообразующий потенциал многолетних бобовых трав как фактор биологизации земледелия // Аграрный вестник Урала. 2019. № 10 (189). С. 2–8. DOI: 10.32417/article_5db42e4384a391.73824239.
8. Чуян Н.А., Брескина Г.М. Влияние приема биологизации на биологическое состояние органического вещества чернозема типичного // Агротехнологии. 2020. № 9. С. 8–17. DOI: 10.31857/S0002188120090033.
9. Посевные площади сборы урожайность сельскохозяйственных культур в Калужской области. Статистический сборник. Калуга. 2020. 132 с.
10. Кирдин В.Ф. Воспроизводство плодородия почвы при использовании ресурсосберегающих технологий возделывания // Живые и биокосные системы. 2015. № 13. С. 1–13.
11. Кашуков М.В., Тутукова Д.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы по экологическим зонам Кабардино-Балкарской республики // Аграрная Россия. 2019. № 8. С. 9–12. DOI: 10.30906/1999-5636-2016-8-9-12.
12. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Arysheva S.P, et al. Effect of new organo-mineral complex gumiton on translocation of cd and 137cs in barley plants from soddy-podzolic soil at technogenic pollution // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020. No. 12 (2 Special Issue). Pp. 543–549. DOI: 10.5373/JARDCS/V12SP2/SP20201103.
13. Семешкина П. С., Мазуров В. Н., Бурлуцкий В. А., Стягюгина Н. М. Продуктивность севооборотов в зависимости от системы внесения минеральных удобрений // Вестник ОрелГАУ. 2017. № 4 (67). С. 57–61.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1973. 336 с.
15. Шестакова Е.О., Ерошенко Ф.В., Оганян Л.Р., Сторчак И.Г., Бильдиева Е.А. Влияние различных агротехнических приемов на урожай и качество зерна новых сортов озимой пшеницы селекции Северо-Кавказского ФНАЦ // Аграрный вестник Урала. 2019. № 10 (189). С. 23–31. DOI: 10.32417/article_5db430aaa70e02.61022516.

Об авторах:

Валерий Анатольевич Бурлуцкий¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-5072-4766, AuthorID 822349

Полина Сергеевна Семешкина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, ORCID-0000-0001-8450-7105, AuthorID 432941; +7 910 869-72-03, polina.semashkina@gmail.com

Владимир Николаевич Мазуров¹, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, ORCID-0000-0003-3427-0116, AuthorID 178413

The influence of environment forming factors on the productivity of winter wheat

V. A. Burlutskiy¹, P. S. Semashkina¹✉, B. N. Mazurov¹

¹ Kaluga Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre, Kaluga Experimental Agricultural Station, Russia

✉ E-mail: polina.semashkina@gmail.com

Abstract. The goal is to study the influence of the predecessor and fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain. **Methods.** The studies were carried out in a long-term stationary field experiment on a gray forest medium loamy soil. Field experience, observations, accounting and generalization of research results were carried out in accordance with the methodological recommendations of B.A. Dospikhov. Statistical processing of the research results was performed using Microsoft Excel 2007 with a 95 % significance level of the results. **Results.** As a result of the studies, it was noted that the studied predecessors had an insignificant effect on the development of winter wheat plants in the initial phases of growth. The density of winter wheat plants during the germination period varied within the range of 314–323 psc/m² without the use of fertilizers and 317–328 psc/m² against the background of their application. Further growth and development of plants took place in close relationship with the studied factors. At the end of the growing season, the number of productive stems was higher on the plots, where the clover of the first year of use was used as a predecessor, both in the control (without fertilizers) and when applying mineral fertilizers. Accordingly, the yield of winter wheat grain was higher for this predecessor, averaging 35.7 c/ha for 2014–2019. Without fertilization, depending on the predecessor, 25.2–32.8 c/ha were obtained, against the background of fertilization –

34.2–39.6 c/ha of winter wheat grain. On average, over the years of research, winter wheat grain contained 10.7–14.0 % protein. Depending on the year, this indicator varied from 8.8 % to 16.8 %. At the same time, the lowest values for the protein content were obtained for the variants without the use of fertilizers. In general, the content of protein and gluten in winter wheat grain largely depended on the application of mineral fertilizers and to a small extent on the predecessor. The weight of 1000 grains, depending on these factors, changed insignificantly.

Keywords: crop rotation, predecessor, winter wheat, mineral fertilizers.

For citation: Burlutskiy V. A., Semeshkina P. S., Mazurov V. N. Vliyanie sredooobrazuyushchikh faktorov na produktivnost' ozimoy pshenitsy [The influence of environment forming factors on the productivity of winter wheat] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 9–16. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-9-16. (In Russian.)

Paper submitted: 02.03.2021.

References

1. Mel'tsaev I. G., Esedullaev S. T. Vliyanie organicheskogo udobreniya i sposobov ego zadelki na plodorodie pochvy i urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Verkhnevolzhskom regione [Influence of organic fertilizer and methods of its incorporation on soil fertility and crop productivity in the Upper Volga region] // Plodorodie. 2019. No. 3 (108). Pp. 25–29. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.08. (In Russian.)
2. Naliukhin A. N., Belozerov D. A., Eregin A. V. Izmenenie agrokhimicheskikh pokazateley dernovo-srednepodzolistoy legkosuglinistoy pochvy i produktivnosti kul'tur sevooborota pri primeneni razlichnykh sistem udobreniya [Change in agrochemical indicators of sod-medium podzolic light loamy soil and productivity of crop rotation when using various fertilization systems] // Zemledelie. 2018. No. 8. Pp. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10801. (In Russian.)
3. Kononchuk V. V., Shtyrkhunov V. D., Blagoveshchenskiy G. V., Timoshenko S. M., Nazarova T. O. Effektivnost' i optimizatsiya sistem udobreniya v sevooborotakh s raznoy doley mnogoletnikh trav na dernovo-podzolistoy pochve tsentra Nechernozemnoy zony Rossii [Efficiency and optimization of fertilization systems in crop rotations with a different proportion of perennial grasses on sod-podzolic soil in the center of the Non-Chernozem zone of Russia] // Agrokimiya. 2020. No. 7. Pp. 36–46. (In Russian.)
4. Vnesenie udobreniy v krupnykh, srednikh i malykh sel'skokhozyaystvennykh organizatsiyakh Kaluzhskoy oblasti pod urozhay 2019: statisticheskiy sbornik. [Fertilization in large, medium and small agricultural organizations of the Kaluga region for the 2019 years harvest: statistical compilation]. Kaluga, 2020. 24 p. (In Russian.)
5. Zavalin A. A., Shmyreva N. Ya., Sokolov O. A., Avilov A. S. Ispol'zovanie azota gorchitsy beloy ozimoy pshenitsey v zavisimosti ot sposoba vnesheniya azotnykh udobreniy [The use of nitrogen mustard in white winter wheat, depending on the method of applying nitrogen fertilizers] // Zemledelie. 2016. No. 5. Pp. 15–17. (In Russian.)
6. Esedullaev S. T., Mel'tsaev I. G. Biologizirovannye sevooboroty – osnovnoy faktor povysheniya plodorodiya dernovo-podzolistykh pochv i produktivnosti pashni v Verkhnevolzh'e [Biologized crop rotations are the main factor in increasing the fertility of sod-podzolic soils and the productivity of arable land in the Upper Volga region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 11 (190). Pp. 18–26. DOI: 10.32417/article_5dcd861e3d2300.42959538. (In Russian.)
7. Grebennikov V. G., Shilov A. I., Khonina O. V. Urozhaynost' ozimoy pshenitsy i sredooobrazuyushchiy potentsial mnogoletnikh bobovykh trav kak faktor biologizatsii zemledeliya [Winter wheat yield and environment-forming potential of perennial legumes as a factor of agriculture biologization] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 10 (189). Pp. 2–8. DOI: 10.32417/article_5db42e4384a391.73824239. (In Russian.)
8. Chuyan N. A., Breskina G. M. Vliyanie priema biologizatsii na biologicheskoe sostoyanie organicheskogo veshchestva chernozema tipichnogo [The effect of method biologization on the biological state of organic matter in typical chernozem] // Agrokimiya. 2020. No. 9. Pp. 8–17. DOI: 10.31857/S0002188120090033. (In Russian.)
9. Posevnye ploshchadi sbory urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Kaluzhskoy oblasti : statisticheskiy sbornik. [Sown area, harvest yield of agricultural crops in the Kaluga region: statistical compilation]. Kaluga, 2020. 132 p. (In Russian.)
10. Kirdin V. F. Vosproizvodstvo plodorodiya pochvy pri ispol'zovanii resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdeleyvaniya [Reproduction of soil fertility using resource-saving cultivation technologies] // Zhivye i biokosnye sistemy. 2015. No. 13. Pp. 1–13. (In Russian.)
11. Kashukoev M. V., Tutukova D. A. Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna sortov ozimoy pshenitsy po ekologicheskim zonam Kabardino-Balkarskoy respubliki [The influence of mineral fertilizers on the yield and grain quality of winter wheat varieties in the ecological zones of the Kabardino-Balkarian Republic] // Agrarian Russia. 2019. No. 8. Pp. 9–12. DOI: 10.30906/1999-5636-2016-8-9-12. (In Russian.)
12. Ratnikov A. N., Sviridenko D. G., Arysheva S. P, et al. Effect of new organo-mineral complex gumiton on translocation of cd and 137cs in barley plants from soddy-podzolic soil at technogenic pollution // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020. No. 12 (2 Special Issue). Pp. 543–549. DOI: 10.5373/JARDCS/V12SP2/SP20201103.
13. Semeshkina P. S., Mazurov V. N., Burlutskiy V. A., Styatyugina N. M. Produktivnost' sevooborotov v zavisimosti ot sistemy vnesheniya mineral'nykh udobreniy [The productivity of crop rotations depending on the system of applying mineral fertilizers] // Vestnik OrelGAU. 2017. No. 4 (67). Pp. 57–61. (In Russian.)

14. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Field experiment technique]. Moscow: Kolos, 1973. 336 p. (In Russian.)
15. Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Oganyan L. R., Storchak I. G., Bildieva E. A. Vliyanie razlichnykh agrotekhnicheskikh priemov na urozhay i kachestvo zerna novykh sortov ozimoy pshenitsy selektsii Severo-Kavkazskogo FNATs [Influence of various agrotechnical methods on the yield and grain quality of new varieties of winter wheat bred by the North Caucasian Federal Research Center] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 10 (189). Pp. 23–31. DOI: 10.32417/article_5db430aaa70e02.61022516. (In Russian.)

Authors' information:

Valeriy A. Burlutskiy¹ – candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-5072-4766, AuthorID 822349

Polina S. Semeshkina¹ – candidate of agricultural sciences, deputy director for research, ORCID 0000-0001-8450-7105, AuthorID 432941; +7 910 869-72-03, polina.semeshkina@gmail.com

Vladimir N. Mazurov¹ – candidate of agricultural sciences, director, ORCID 0000-0003-3427-0116, AuthorID 178413

¹ Kaluga Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre, Kaluga Experimental Agricultural Station, Russia

Оценка адаптивного потенциала белорусских сортов картофеля в условиях Челябинской области

А. А. Васильев¹✉, Т. Т. Дергилева¹, В. П. Дергилев¹

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

✉ E-mail: kartofel_chel@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – дать оценку сортам картофеля белорусской селекции по параметрам адаптивности, экологической пластичности и стабильности. Установить возможность их возделывания в условиях Челябинской области. **Методы исследований.** Оценка адаптивного потенциала картофеля проводили по классической методике в изложении В. А. Зыкина. **Результаты.** Выделен 21 адаптивный сорт, пригодный для возделывания на Южном Урале. Анализ экологической пластичности и стабильности показал, что эти качества сочетаются у белорусских сортов Бриз (35,7 т/га; $b_i = 0,86$; $S_i^2 = 7,4$), Манифест (35,4 т/га; 0,92; 7,8), Першацвет (34,4 т/га; 1,20; 29,2), Палац (33,2 т/га; 1,08; 25,8), у отечественных сортов Спиридон (32,1 т/га; 1,04; 0,3) и Ирбитский (33,1 т/га; 0,81; 23,5), а также у сорта Гала (38,4 т/га; 0,98; 2,2), созданного в Германии. К генотипам интенсивного типа относятся челябинские сорта Тарасов (40,3 т/га; $b_i = 1,89$) и Захар (38,0 т/га; 1,28), белорусский сорт Уладар (36,8 т/га; 1,64) и иностранные сорта Королева Анна (45,9 т/га; 1,61), Зекура (35,7 т/га; 1,57) и Розара (32,0 т/га; 1,56). Выделена группа сортов нейтрального типа, слабо отзывающаяся на изменение условий выращивания: Кавалер ($b_i = 0,33$), Каштак (0,63), Амулет (0,65) и Кузовок (0,77) челябинской селекции и сорта Лад (0,73) и Янка (0,73) белорусской селекции. Широкое распространение в сельхозпредприятиях Челябинской области иностранных сортов Королева Анна, Розара и Зекура объясняется их высокой отзывчивостью на интенсификацию производства, тогда как сорт Гала сочетает экологическую пластичность и стабильность. **Научная новизна.** Оценка адаптивного потенциала сортов картофеля, созданных в Республике Беларусь, позволила выделить семь адаптивных сортов, пригодных для возделывания на Южном Урале. Сорт Уладар относится к генотипам интенсивного типа. Сорта Бриз, Манифест, Першацвет и Палац сочетают высокую продуктивность, экологическую пластичность и стабильность. Сорта картофеля Янка и Лад слабо реагируют на изменение условий выращивания. **Ключевые слова:** картофель, сорт, продуктивность, экологическая пластичность, стабильность, адаптивность.

Для цитирования: Васильев А. А., Дергилева Т. Т., Дергилев В. П. Оценка адаптивного потенциала белорусских сортов картофеля в условиях Челябинской области // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 17–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-17-23.

Дата поступления статьи: 18.02.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – ценнейшая сельскохозяйственная культура, возделываемая в 150 странах мира и являющаяся важным источником пищи для человечества [1, с. 375]. К сожалению, на Южном Урале рост урожайности этой культуры происходит крайне медленно. Например, в Челябинской области в 90-е годы XX века продуктивность картофеля составляла в среднем 9,2 т/га, в первом десятилетии XXI века – 13,5 т/га, во втором – 16,2 т/га. С одной стороны, 76-процентный рост урожайности, а с другой – даже последний показатель в 2,5–3 раза ниже, чем в Германии или Нидерландах [2]. Важным резервом увеличения эффективности картофелеводства является создание адаптивных сортов, высокий потенциал урожайности которых сочетается с пластичностью и высокой устойчивостью к основным биогенным и абиогенным стрессовым факторам [3–9]. На Южном Урале адаптивность картофеля определяется высокими темпами начального накопления ботвы, интенсивным клубнеобразованием и высокой экологической устойчивостью (толе-

рантностью) генотипа к широкой вариации лимитирующих факторов [10–11].

Цель исследований – провести сравнительную оценку белорусских сортов картофеля по адаптивности, экологической пластичности и стабильности в условиях Челябинской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в Южно-Уральском научно-исследовательском институте садоводства и картофелеводства – филиале ФГБНУ УрФАНЦ УрО РАН в рамках выполнения селекционной тематики Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук в 2017–2020 гг. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса (по Тюрину) – $5,53 \pm 0,47$ %, легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – $108,4 \pm 11,8$ мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) – $62,5 \pm 4,6$ мг/кг, обменного калия (по Чирикову) – $199,5 \pm 12,4$ мг/кг почвы, $pH_{\text{сол}}$ – $5,15 \pm 0,44$. Предшественник – чистый пар. Агротехника карто-

феля – общепринятая для зоны. Минеральные удобрения в расчете на урожай 30 т/га (в среднем за 4 года – $N_{93}P_{132}K_{138}$) вносили весной под предпосадочную культивацию. Посадку проводили во второй декаде мая (в 2020 г. – в первой декаде) клубнями массой 50–80 г на глубину 6–8 см. Схема посадки 75×33 см.

Объектом исследований являлись 13 сортов картофеля белорусской селекции (Архидея, Бриз, Зорачка, Криница, Лад, Лилея Белорусская, Манифест, Скарб, Палац, Першацвет, Уладар, Явар, Янка), 10 – челябинской (Агат, Амулет, Губернатор, Захар, Ицил, Кавалер, Каштак, Краснопольский, Кузовок, Тарасов), 4 – свердловской (Барон, Ирбитский, Каменский, Лидер), 3 сорта-стандарта: Удача (ранний), Невский (среднеранний), Спиридон (среднепоздний), а также 6 сортов иностранной селекции, преобладающие в сельхозпредприятиях Челябинской области: Розара (доля его в сортовой структуре – 27,6 %), Ред Скарлетт (25,9 %), Ароза (7,1 %), Королева Анна (6,2 %) – ранние, Гала (12,6 %) и Зекура (5,7 %) – среднеранние [2].

Опыты закладывали в четырехкратной повторности в соответствии с методикой [12]. Размещение вариантов в повторениях рендомизированное. Площадь делянки – 27 м². Обработку данных проводили методом дисперсионного анализа [13]. Адаптивные свойства сортов картофеля в условиях Южного Урала определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. А. Зыкина [14].

Разнообразие погодных условий за период исследований позволило дать всестороннюю оценку адаптивного потенциала сортов. По гидротермическому коэффициенту Селянинова вегетационный период (май – август) 2017 г. был достаточно влажным (ГТК = 1,44), 2018 и 2019 гг. – недостаточно влажным (1,16 и 0,91 соответственно), а 2020 г. – засушливым (0,85).

Результаты (Results)

Наиболее благоприятные метеорологические условия сложились в 2018 г., когда урожайность картофеля в среднем по опыту составила 46,7 т/га, а индекс среды (I_t) был равен 14,8 т/га. Максимальную урожайность клубней при этом имел среднепоздний сорт челябинской селекции Тарасов – 73,4 т/га. Среди лидеров оказались 9 белорусских сортов: Уладар (64,3 т/га), Першацвет (53,2 т/га), Лилея Белорусская (52,4 т/га), Архидея (51,1 т/га), Палац (49,7 т/га), Янка (47,8 т/га), Манифест (47,6 т/га), Лад (47,2 т/га) и Бриз (46,9 т/га). Урожайностью клубней 47 т/га (и выше) отличались сорта местной селекции Захар (59,7 т/га) и Спиридон (47 т/га), а также все так называемые коммерческие сорта: Королева Анна (64,2 т/га), Зекура (55,1 т/га), Розара (54,7 т/га), Гала (52,4 т/га), Ароза (51,0 т/га), за исключением сорта Ред Скарлетт, урожайность которого составила 38,8 т/га (таблица 1).

Урожайность картофеля сорта Невский в условиях 2018 г. составила 37,2 т/га. В пределах от 37 до 47 т/га варьировала продуктивность еще у 13 сортов картофеля. Среди них 3 сорта белорусской селекции (Зорачка, Криница, Скарб), 4 сорта селекции Уральского НИИСХ (Каменский, Ирбитский, Барон и Лидер), 5 сортов челябинской селекции (Каштак, Амулет, Ицил, Кузовок, Кавалер) и упомянутый выше голландский сорт Ред Скарлетт.

Удовлетворительные для возделывания картофеля условия отмечались в 2017 г. ($I_t = -0,2$), тогда как вегетационный период 2019 и 2020 гг. был экстремальным: индекс среды отрицательный ($I_t = -4,4$ и $-10,4$), а средняя урожайность в опыте 27,5 и 21,5 т/га соответственно. В 2017 г. наибольшую урожайность клубней имели сорта Королева Анна (56,5 т/га) и Зорачка (55,6 т/га), вслед за ними расположились Каменский (50,5 т/га), Ароза (48,9 т/га), Зекура (44,4 т/га), Гала (40,2 т/га), Кузовок (39,1 т/га), Бриз, Манифест (по 39,0 т/га), Барон (38,4 т/га), Палац (36,0 т/га), Першацвет (34,7 т/га), Розара (34,0 т/га) и Спиридон (33 т/га).

В неблагоприятном 2019 г. на первом месте по продуктивности оказался сорт Королева Анна (42,1 т/га), на втором – Тарасов (41,1 т/га), на третьем – Ароза (38,0 т/га). Высокий урожай сформировали челябинские сорта Каштак (37,7 т/га), Захар (36,1 т/га) и Кузовок (31,5 т/га), белорусские сорта Лад (37,4 т/га), Бриз (31,8 т/га), Уладар (31,6 т/га), Янка (30,6 т/га) и Манифест (30 т/га), свердловский сорт Ирбитский (35,1 т/га) и немецкий сорт Гала (32,6 т/га).

В засушливом 2020 г. первенство по продуктивности досталось сорту Кавалер (32,6 т/га). Выше 30 т/га была урожайность у сортов Янка (30,8 т/га), Амулет (30,4 т/га) и Лилея Белорусская (30,2 т/га). Урожай в пределах от 24 до 28,3 т/га обеспечили сорта челябинской селекции Захар, Каштак, Каштак, Тарасов, белорусские сорта: Лад, Палац, Бриз, Манифест, Першацвет и сорта иностранной селекции Гала и Ароза.

Заданный уровень продуктивности (30 т/га) в среднем за годы исследований сформировали 24 сорта картофеля.

Расчет коэффициента адаптивности (КА) позволил выделить из них 21 адаптивный сорт, в их числе:

- 8 сортов белорусской селекции: Уладар (36,8 т/га), Бриз (35,7 т/га), Манифест (35,4 т/га), Зорачка (35,2 т/га), Янка (35,0 т/га), Лад (34,9 т/га), Першацвет (34,4 т/га), Палац (33,2 т/га);

- 7 сортов челябинской селекции: Тарасов (40,3 т/га), Захар (38,0 т/га), Каштак (33,0 т/га), Кузовок (32,5 т/га), Спиридон (32,1 т/га), Кавалер (32,0 т/га), Амулет (31,0 т/га);
- 2 сорта селекции Уральского НИИСХ: Каменский (34,5 т/га) и Ирбитский (33,1 т/га);

- 4 сорта иностранной селекции: Королева Анна (45,9 т/га), Ароза (41,2 т/га), Гала (38,4 т/га) и Зекура (35,7 т/га).

Высокой адаптивностью отличались сорта Королева Анна (1,41), Ароза (1,32), Тарасов (1,23) и Гала (1,22). Далее адаптивные сорта в порядке убывания этого показателя расположились следующим образом: Захар (1,19), Бриз (1,14), Янка (1,14), Лад (1,13), Манифест (1,12), Уладар (1,12), Зорачка (1,10), Першацвет (1,08), Зекура (1,08), Каштак (1,07), Кавалер (1,07), Каменский (1,06), Палац (1,05), Ирбитский (1,05), Кузовок (1,03), Спиридон (1,01), Амулет (1,01).

Для оценки адаптивного потенциала вышеперечисленных сортов картофеля проводили расчет линейной регрессии (b_i) и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии (S_i^2). Чем выше первый показатель, тем сильнее реакция сорта на изменение условий выращивания, чем

ниже второй – тем выше его экологическая стабильность [15–16]. Высокую ценность при этом имеют *пластичные* сорта (b_i близок к 1), обладающие достаточно высокой продуктивностью и высокой стабильностью (S_i^2 близок к 0). Такое сочетание показателей говорит о том, что урожайность сорта адекватна изменению условий внешней среды.

В нашем опыте в число адаптивных сортов, сочетающих высокую продуктивность экологическую пластичность и стабильность, попали сорта Республики Беларусь Бриз ($b_i = 0,86$; $S_i^2 = 7,4$), Манифест (0,92; 7,8), Першацвет (1,20; 29,2), Палац (1,08; 25,8), челябинский сорт Спиридон (1,04; 0,3), свердловский сорт Ирбитский (0,81; 23,5) и созданный в Германии сорт Гала (0,98; 2,2).

Экологически пластичные и стабильные сорта Невский ($b_i = 0,94$; $S_i^2 = 1,4$), Краснопольский (1,11; 0,0), Ред Скарлетт (0,82; 28,4) Криница (1,02; 7,0) и Явар (1,01; 4,4) при всех своих достоинствах имеют недостаточно высокую продуктивность (23,5 т/га, 22,4 т/га, 27,5 и 20,8 т/га соответственно). Белорусские сорта Зорачка и Лилея Белорусская при высокой урожайности (35,2 и 30,4 т/га) и пластичности ($b_i = 1,00$ и 1,06) недостаточно стабильны ($S_i^2 = 269$ и 169). В эту же группу попал немецкий сорт Ароза: при очень высокой урожайности (41,2 т/га) и пластичности ($b_i = 0,89$) он недостаточно стабильный по урожайности ($S_i^2 = 45$).

Таблица 1
Урожайность и параметры стабильности среднеранних сортов картофеля, т/га

Сорт	Урожайность, т/га					Параметры	
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее	b_i	S_i^2
Удача (Р), St.	30,1	42,5	25,4	19,1	29,3	0,92	0,7
Невский (СР), St.	23,2	37,2	20,7	13,0	23,5	0,94	1,4
Спиридон (СС), St.	33,0	47,0	27,4	20,9	32,1	1,04	0,3
Уладар (Р)	27,7	64,3	31,6	23,6	36,8	1,64	60,7
Бриз (СР)	39,0	46,9	31,8	24,9	35,7	0,86	7,4
Манифест (СС)	39,0	47,6	30,2	24,6	35,4	0,92	7,8
Зорачка (Р)	55,6	43,2	23,0	19,2	35,2	1,00	269,3
Янка (СС)	30,8	47,8	30,6	30,8	35,0	0,73	18,5
Лад (СС)	28,4	47,2	37,4	26,8	34,9	0,73	40,6
Першацвет (Р)	34,7	53,2	23,0	26,4	34,4	1,20	29,2
Палац (Р)	36,0	49,7	21,4	25,9	33,2	1,08	25,8
Лилея Белорусская (СР)	18,1	52,4	21,0	30,2	30,4	1,06	169,2
Скарб (СС)	27,1	39,4	26,7	20,3	28,4	0,74	2,3
Криница (СС)	30,9	41,2	22,6	15,3	27,5	1,02	7,0
Архидея (СР)	11,4	51,1	21,9	17,8	25,6	1,36	144,8
Явар (СС)	23,6	34,6	15,6	9,3	20,8	1,01	4,4
Каменский (Р)	50,5	44,7	28,4	14,2	34,5	1,15	180,5
Ирбитский (СР)	32,1	44,2	35,1	21,0	33,1	0,81	23,5
Барон (СР)	38,4	42,3	26,6	15,5	30,7	1,02	43,6
Лидер (Р)	22,9	36,7	22,3	15,8	24,4	0,81	2,8
Тарасов (СС)	22,7	73,4	41,1	24,0	40,3	1,89	225,4
Захар (СС)	29,3	59,7	36,1	27,1	38,0	1,28	54,7
Каштак (СС)	22,9	44,7	37,7	26,5	33,0	0,63	83,4
Кузовок (СС)	39,1	40,4	31,5	19,0	32,5	0,77	43,7
Кавалер (СС)	28,2	39,1	28,3	32,6	32,0	0,33	20,6
Амулет (СС)	23,4	44,3	25,9	30,4	31,0	0,65	58,5
Ицил (СС)	26,4	43,1	21,0	22,7	28,3	0,90	15,9
Агат (СР)	24,4	34,9	21,1	23,5	26,0	0,52	9,9
Губернатор (СР)	25,6	30,6	22,7	16,4	23,8	0,53	4,4
Краснопольский (СС)	22,5	38,7	17,5	10,9	22,4	1,11	0,0
Королева Анна (Р)	56,5	64,2	42,1	20,7	45,9	1,61	106,5
Ароза (Р)	48,9	51,0	38,0	27,1	41,2	0,89	45,0
Гала (СР)	40,2	52,4	32,6	28,3	38,4	0,98	2,2
Зекура (СР)	44,4	55,1	28,7	14,7	35,7	1,57	52,1
Розара (Р)	34,0	54,7	22,8	16,5	32,0	1,56	4,1
Ред Скарлетт (Р)	18,9	38,8	18,7	20,2	24,1	0,81	28,4
Среднее	31,7	46,7	27,5	21,5	31,9	–	–
Индекс I_i	–0,2	14,8	–4,4	–10,4	–	–	–
$НСР_{05}$	2,2	2,4	1,7	1,8	–	–	–

Примечание. Р – ранний, СР – среднеранний, СС – среднеспелый.

Table 1
Productivity and stability parameters of medium early potato varieties, t/ha

Variety	Productivity, t/ha					Parameters	
	2017	2018	2019	2020	The average	b_i	S_i^2
Udacha (E), St.	30.1	42.5	25.4	19.1	29.3	0.92	0.7
Nevskiy (ME), St.	23.2	37.2	20.7	13.0	23.5	0.94	1.4
Spiridon (MC), St.	33.0	47.0	27.4	20.9	32.1	1.04	0.3
Uladar (E)	27.7	64.3	31.6	23.6	36.8	1.64	60.7
Briz (ME)	39.0	46.9	31.8	24.9	35.7	0.86	7.4
Manifest (MC)	39.0	47.6	30.2	24.6	35.4	0.92	7.8
Zorachka (E)	55.6	43.2	23.0	19.2	35.2	1.00	269.3
Yanka (MC)	30.8	47.8	30.6	30.8	35.0	0.73	18.5
Lad (MC)	28.4	47.2	37.4	26.8	34.9	0.73	40.6
Pershatsvet (E)	34.7	53.2	23.0	26.4	34.4	1.20	29.2
Palats (E)	36.0	49.7	21.4	25.9	33.2	1.08	25.8
Lileya Belorusskaya (ME)	18.1	52.4	21.0	30.2	30.4	1.06	169.2
Skarb (MC)	27.1	39.4	26.7	20.3	28.4	0.74	2.3
Krinita (MC)	30.9	41.2	22.6	15.3	27.5	1.02	7.0
Arkhideya (ME)	11.4	51.1	21.9	17.8	25.6	1.36	144.8
Yavar (MC)	23.6	34.6	15.6	9.3	20.8	1.01	4.4
Kamenskiy (E)	50.5	44.7	28.4	14.2	34.5	1.15	180.5
Irbitskiy (ME)	32.1	44.2	35.1	21.0	33.1	0.81	23.5
Baron (ME)	38.4	42.3	26.6	15.5	30.7	1.02	43.6
Lider (E)	22.9	36.7	22.3	15.8	24.4	0.81	2.8
Tarasov (MC)	22.7	73.4	41.1	24.0	40.3	1.89	225.4
Zakhar (MC)	29.3	59.7	36.1	27.1	38.0	1.28	54.7
Kashtak (MC)	22.9	44.7	37.7	26.5	33.0	0.63	83.4
Kuzovok (MC)	39.1	40.4	31.5	19.0	32.5	0.77	43.7
Kavaler (MC)	28.2	39.1	28.3	32.6	32.0	0.33	20.6
Amulet (MC)	23.4	44.3	25.9	30.4	31.0	0.65	58.5
Itsil (MC)	26.4	43.1	21.0	22.7	28.3	0.90	15.9
Agat (ME)	24.4	34.9	21.1	23.5	26.0	0.52	9.9
Gubernator (ME)	25.6	30.6	22.7	16.4	23.8	0.53	4.4
Krasnopol'skiy (MC)	22.5	38.7	17.5	10.9	22.4	1.11	0.0
Koroleva Anna (E)	56.5	64.2	42.1	20.7	45.9	1.61	106.5
Aroza (E)	48.9	51.0	38.0	27.1	41.2	0.89	45.0
Gala (ME)	40.2	52.4	32.6	28.3	38.4	0.98	2.2
Zekura (ME)	44.4	55.1	28.7	14.7	35.7	1.57	52.1
Rosara (E)	34.0	54.7	22.8	16.5	32.0	1.56	4.1
Red Scarlett (E)	18.9	38.8	18.7	20.2	24.1	0.81	28.4
The average	31.7	46.7	27.5	21.5	31.9	–	–
Index I_i	–0.2	14.8	–4.4	–10.4	–	–	–
LSD ₀₅	2.2	2.4	1.7	1.8	–	–	–

Note. E – early, ME – mid-early, MS – mid-season.

Достоинство сортов интенсивного типа (коэффициент регрессии b_i значительно больше 1) – высокая отзывчивость на улучшение условий среды (включая приемы интенсификации продукционного процесса) [17]. Среди изученных сортов картофеля к числу интенсивных относятся Тарасов (40,3 т/га; $b_i = 1,89$), Уладар (36,8 т/га; 1,64), Королева Анна (45,9 т/га; 1,61), Зекура (35,7 т/га; 1,57), Розара (32,0 т/га; 1,56), Захар (38,0 т/га; 1,28). Сорт Архидея белорусской селекции при высоком коэффициенте регрессии ($b_i = 25,6$ т/га) имеет недостаточно высокую продуктивность (25,6 т/га).

Сорта с коэффициентом регрессии существенно ниже 1 относятся к сортам нейтрального типа и слабо отзывчивы на изменение условий среды. В нашем опыте среди таких генотипов заслуживают внимания сорта челябинской селекции Кузовок (32,5 т/га; $b_i = 0,77$), Амулет (31,0 т/га; 0,65), Каштак (33,0 т/га; 0,63) и Кавалер (32,0 т/га; 0,33), а также сорта белорусской селекции Лад (34,9 т/га; 0,73) и Янка (35,0 т/га; 0,73).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Оценка адаптивного потенциала возделываемых в Челябинской области и перспективных сортов картофеля позволила выделить 21 адаптивный сорт. В их число вошли 8 сортов белорусской селекции Уладар (36,8 т/га), Бриз (35,7 т/га), Манифест (35,4 т/га), Зорачка (35,2 т/га), Янка (35,0 т/га), Лад (34,9 т/га), Першацвет (34,4 т/га), Палац (33,2 т/га), 7 сортов селекции ЮУНИИСК (Челябинск) Тарасов (40,3 т/га), Захар (38,0 т/га), Каштак (33,0 т/га), Кузовок (32,5 т/га), Спиридон (32,1 т/га), Кавалер (32,0 т/га), Амулет (31,0 т/га), 2 сорта селекции УралНИИСХ (Екатеринбург) Каменский (34,5 т/га) и Ирбитский (33,1 т/га) и 4 сорта иностранной селекции: Королева Анна (45,9 т/га), Ароза (41,2 т/га), Гала (38,4 т/га) и Зекура (35,7 т/га).

2. В число адаптивных сортов картофеля, сочетающих экологическую пластичность и стабильность, попали белорусские сорта: Бриз ($b_i = 0,86$; $S_i^2 = 7,4$), Манифест (0,92; 7,8), Першацвет (1,20; 29,2), Палац (1,08; 25,8), челябинский сорт Спиридон (1,04; 0,3), свердловский сорт Ирбитский (0,81; 23,5), немецкий сорт Гала (0,98; 2,2).

3. К генотипам интенсивного типа относятся сорта Тарасов (40,3 т/га; $b_i = 1,89$), Уладар (36,8 т/га; 1,64), Королева Анна (45,9 т/га; 1,61), Зекура (35,7 т/га; 1,57), Розара (32,0 т/га; 1,56), Захар (38,0 т/га; 1,28).

4. В числе адаптивных оказалось 6 сортов нейтрального типа, слабо реагирующих на изменение условий среды: это белорусские сорта Лад ($b_i = 0,73$) и Янка (0,73), а также сорта челябинской селекции Кавалер (0,33), Каштак (0,63), Амулет (0,65) и Кузовок (0,77).

6. В целях повышения продуктивности картофелеводства Челябинской области достойны районирования по Уральскому региону адаптивные сорта белорусской селекции Бриз, Манифест, Першацвет и Палац – экологически пластичные и стабильные, сорта нейтрального типа Лад и Янка, а также интенсивный сорт Уладар. Тогда как высокопродуктивный сорт Зорачка (35,2 т/га) при высокой пластичности ($b_i = 1,00$) является недостаточно стабильным ($S_i^2 = 269$).

7. Среди коммерческих сортов картофеля, получивших наибольшее распространение в сельхозпредприятиях Челябинской области, Королева Анна, Розара и Зекура относятся к интенсивным сортам, Гала является пластичным и стабильным. Возделывание этих сортов в регионе вполне обосновано, так как они, помимо этого, обладают высокой продуктивностью и адаптивностью. Чего нельзя сказать о пластичном сорте немецкой селекции Ароза, который недостаточно стабильный, и голландском сорте Ред Скарлетт, который сочетает экологическую пластичность и стабильность, но имеет невысокую урожайность.

Библиографический список

1. Гизатулина А. Т., Сташевски З., Гимаева Е. А., Сафиуллина Г. Ф. Особенности формирования микроклубней картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Невский в асептической культуре *in vitro* // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 161. № 3. С. 375–384. DOI: 10.26907/2542-064X.2019.3.375-384.
2. Mushinskiy A. A., Aminova E. V., Fedotova L. S., Dergileva T. T. Evaluation of potato tubers of Nevsky variety and selection hybrids by amino acid composition [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624. Article number 012155. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/624/1/012155/pdf> (date of reference: 21.04.2021).
3. Власенко Г. П. Пластичность и стабильность сортов картофеля в условиях Камчатского края // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 4. С. 44–46. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10410.
4. Мушинский А. А., Аминова Е. В., Герасимова Е. В. Пластичность сортов картофеля в степной зоне Урала // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. Вып. 3. С. 20–22. DOI: 10.12737/20329.
5. Сташевски З., Кузьминова О. А., Вологин С. Г. [и др.]. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля // Земледелие. 2019. № 6. С. 43–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10610.
6. Шанина Е. П., Клюкина Е. М. Картофель на Урале. Екатеринбург, 2018. 20 с.
7. Шерстюкова Т. П., Иващенко А. Д. Оценка гибридов картофеля в питомнике конкурсного испытания в условиях Камчатского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 53–58.
8. Яковлева Н. С., Охлопкова П. П., Ефремова С. П. Продуктивность и экологическая пластичность сортов картофеля местной и инорайонной селекции в условиях Якутии // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 10 (110). С. 1333–1341. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-10-1333-1341.
9. Vasilev A. A., Dergileva T. T., Ufimtseva L. V., Glaz N. V. Potato variety resources for starch production in the Chelyabinsk region // Research on Crops. 2021. Vol. 22. Special issue. Pp. 17–21.
10. Дергилев В. П., Глаз Н. В., Дергилева Т. Т. Экологическая пластичность сортов картофеля в Челябинской области // АПК России. 2019. Т. 26. № 5. С. 741–749. DOI: 10.5281/zenodo.3583535.
11. Глаз Н. В., Васильев А. А., Дергилева Т. Т., Мушинский А. А. Оценка экологической пластичности среднеранних и среднеспелых сортов картофеля // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 1 (49). С. 10–19. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-11002.
12. Жевора С. В., Федотова Л. С., Старовойтов В. И. [и др.]. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. Москва: ФГБНУ ВНИИКСХ, 2019. 120 с.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. Зыкин В. А., Мешкова В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск, 1984. 23 с.
15. Логинов Ю. П., Казак А. А. Пластичность и стабильность сортов картофеля в лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 73–77.

16. Васильев А. А., Гасымов Ф. М. Экологическая пластичность сортов сливы в условиях Челябинской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 2. С. 25–29. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29.
17. Власенко Г. П. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов картофеля // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 2 (42). С. 11–15.

Об авторах:

Александр Анатольевич Васильев¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела картофелеводства, ORCID 0000-0002-7816-0624, AuthorID 630752; +7 906 870-53-12

Тамара Тихоновна Дергилева¹, старший научный сотрудник отдела картофелеводства, ORCID 0000-0002-1879-246X, AuthorID 819139; +7 900 073-31-28

Василий Петрович Дергилев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела картофелеводства, ORCID 0000-0002-8319-4992, AuthorID 310424; +7 951 437-05-60

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Assessment of the adaptive potential of Belarusian potato varieties in the Chelyabinsk region

A. A. Vasilyev[✉], T. T. Dergileva¹, V. P. Dergilev¹

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

✉ E-mail: kartofel_chel@mail.ru

Abstract. The purpose of the research is to assess the Belarusian potato varieties in terms of adaptability, ecological plasticity and stability. To establish the possibility of their cultivation in the conditions of the Chelyabinsk region. **Research methods.** The assessment of the adaptive potential of potatoes was carried out according to the classical method presented by V. A. Zykin. **Results.** Allocated 21 adaptive varieties suitable for cultivation in the South Urals. Analysis of ecological plasticity and stability showed that these qualities are combined in Belarusian varieties: Briz (35.7 t/ha; $b_i = 0.86$; $S_i^2 = 7.4$), Manifest (35.4 t/ha; 0.92; 7.8), Pershatsvet (34.4 t/ha; 1.20; 29.2), Palats (33.2 t/ha; 1.08; 25.8), in domestic varieties: Spiridon (32.1 t/ha; 1.04; 0.3) and Irbitskiy (33.1 t/ha; 0.81; 23.5), as well as in the Gala variety (38.4 t/ha; 0.98; 2.2) created in Germany. Genotypes of the intensive type include the Chelyabinsk varieties: Tarasov (40.3 t/ha; $b_i = 1.89$) and Zakhar (38.0 t/ha; 1.28), the Belarusian variety Uladar (36.8 t/ha; 1.64) and foreign varieties: Koroleva Anna (45.9 t/ha; 1.61), Zekura (35.7/ha; 1.57) and Rozara (32.0 t/ha; 1.56). A group of varieties of a neutral type was identified, which weakly responds to changes in growing conditions: Kavaler ($b_i = 0.33$), Kashtak (0.63), Amulet (0.65) and Kuzovok (0.77) of the Chelyabinsk selection and the variety Lad (0.73) and Yanka (0.73) of the Belarusian selection. The wide distribution of foreign varieties Koroleva Anna, Rozara and Zekura in agricultural enterprises of the Chelyabinsk region is explained by their high responsiveness to intensification of production, while the Gala variety combines ecological plasticity and stability. **Scientific novelty.** The assessment of the adaptive potential of potato varieties created in the Republic of Belarus made it possible to identify seven adaptive varieties suitable for cultivation in the South Urals. The Uladar variety belongs to the intensive type genotypes. Varieties Briz, Manifest, Pershatsvet and Palats combine high productivity, environmental plasticity and stability. Potato varieties Yanka and Lad react poorly to changing growing conditions.

Keywords: potato, variety, productivity, ecological plasticity, stability, adaptability.

For citation: Vasilyev A. A., Dergileva T. T., Dergilev V. P. Otsenka adaptivnogo potentsiala belorusskikh sortov kartofelya v usloviyakh Chelyabinskoy oblasti [Assessment of the adaptive potential of Belarusian potato varieties in the Chelyabinsk region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 17–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-17-23. (In Russian.)

Paper submitted: 18.02.2021.

References

1. Gizatullina A. T., Stashevski Z., Gimayeva E. A., Safiullina G. F. Osobennosti formirovaniya mikroklubney kartofelya (*Solanum tuberosum* L.) sorta Nevskiy v asepticheskoy kulture in vitro [Peculiarities of the formation of potato microtubers (*Solanum tuberosum* L.) Nevskiy cultivars in aseptic culture in vitro] // Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2019. T. 161. No. 3. Pp. 375–384. DOI: 10.26907/2542-064X.2019.3.375-384. (In Russian.)

2. Mushinskiy A. A., Aminova E. V., Fedotova L. S., Dergileva T. T. Evaluation of potato tubers of Nevsky variety and selection hybrids by amino acid composition [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624. Article number 012155. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/624/1/012155/pdf> (date of reference: 21.04.2021).
3. Vlasenko G. P. Plastichnost' i stabil'nost' sortov kartofelya v usloviyakh Kamchatskogo kraya [Plasticity and stability of potato varieties in the Kamchatka Territory] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2018. T. 32. No. 4. Pp. 44–46. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10410. (In Russian.)
4. Mushinskiy A. A., Aminova E. V., Gerasimova E. V. Plastichnost' sortov kartofelya v stepnoy zone Urala [Plasticity of potato varieties in the steppe zone of the Urals] // Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2016. Vol. 3. Pp. 20–22. DOI: 10.12737/20329. (In Russian.)
5. Stashevski Z., Kuz'minova O. A., Vologin S. G., et al. Pervyye rezul'taty ekologogeoграфического ispytaniya novykh rossiyskikh sortov kartofelya [The first results of ecological and geographic testing of new Russian potato varieties] // Zemledeliye. 2019. № 6. Pp. 43–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10610. (In Russian.)
6. Shanina E. P., Klyukina E. M. Kartofel' na Urale [Potatoes in the Urals]. Ekaterinburg, 2018. 20 p. (In Russian.)
7. Sherstyukova T. P., Ivashchenko A. D. Otsenka gibridov kartofelya v pitomnike konkursnogo ispytaniya v usloviyakh Kamchatskogo kraya [Evaluation of potato hybrids in the nursery of competitive testing in the Kamchatka Territory] // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2020. No. 4 (56). Pp. 53–58. (In Russian.)
8. Yakovleva N. S., Okhlopko P. P., Yefremova S. P. Produktivnost' i ekologicheskaya plastichnost' sortov kartofelya mestnoy i inorayonnoy selektsii v usloviyakh Yakutii [Productivity and ecological plasticity of potato varieties of local and foreign selection in the conditions of Yakutia] // Scientific life. 2020. T. 15. No. 10 (110). Pp. 1333–1341. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-10-1333-1341. (In Russian.)
9. Vasilev A. A., Dergileva T. T., Ufimtseva L. V., Glaz N. V. Potato variety resources for starch production in the Chelyabinsk region // Research on Crops. 2021. Vol. 22. Special issue. Pp. 17–21.
10. Dergilev V. P., Glaz N. V., Dergileva T. T. Ekologicheskaya plastichnost' sortov kartofelya v Chelyabinskoy oblasti [Ecological plasticity of potato varieties in the Chelyabinsk region] // Agro-Industrial Complex of Russia. 2019. T. 26. No. 5. Pp. 741–749. DOI: 10.5281/zenodo.3583535. (In Russian.)
11. Glaz N. V., Vasil'yev A. A., Dergileva T. T., Mushinskiy A. A. Otsenka ekologicheskoy plastichnosti srednerannikh i srednespelykh sortov kartofelya [Assessment of ecological plasticity of mid-early and mid-season potato varieties] // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2019. No. 1 (49). Pp. 10–19. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-11002. (In Russian.)
12. Zhevara S. V., Fedotova L. S., Starovoytov V. I., et al. Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh opytov, uchotov, nablyudeny i analizov na kartofele [Methodology for conducting agrotechnical experiments, accounting, observations and analyzes on potatoes]. Moscow: FGBNU VNIKKH, 2019. 120 p. (In Russian.)
13. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Field experiment technique]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian.)
14. Zykin V. A., Meshkova V. V., Sapega V. A. Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skokhozyaystvennykh rasteniy, ikh raschet i analiz: metodicheskiye rekomendatsii [Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: guidelines]. Novosibirsk, 1984. 23 p. (In Russian.)
15. Loginov Yu. P., Kazak A. A. Plastichnost' i stabil'nost' sortov kartofelya v lesostepi Tyumenskoy oblasti [Plasticity and stability of potato varieties in the forest-steppe of the Tyumen region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 5 (67). Pp. 73–77. (In Russian.)
16. Vasil'yev A. A., Gasymov F. M. Ekologicheskaya plastichnost' sortov slivy v usloviyakh Chelyabinskoy oblasti [Environmental plasticity of various plum cultivars under the conditions of Chelyabinsk Province] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. T. 180. No. 2. Pp. 25–29. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29. (In Russian.)
17. Vlasenko G. P. Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' novykh sortov kartofelya [Ecological plasticity and stability of new potato varieties] // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2017. No. 2 (42). Pp. 11–15. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr A. Vasilyev¹, doctor of agricultural sciences, leading researcher at the department of potato production, ORCID 0000-0002-7816-0624, AuthorID 630752; +7 906 870-53-12

Tamara T. Dergileva¹, senior researcher of the department of potato growing, ORCID 0000-0002-1879-246X, AuthorID 819139; +7 900 073-31-28

Vasilij P. Dergilev¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the department of potato growing, ORCID 0000-0002-8319-4992, AuthorID 310424; +7 951 437-05-60

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

Использование морфофизиологических параметров проростков яровой пшеницы в селекции на алюмоустойчивость

Л. В. Волкова¹✉, О. С. Амунова¹, Л. Н. Тиунова¹

¹ Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, Киров, Россия

✉ E-mail: volkovkirov@mail.ru

Аннотация. Цель работы – определение эффективности методов ранней диагностики на устойчивость к ионам алюминия. Изучено 15 гибридных популяций F_2-F_4 яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), созданных с участием сортов Алтайская 530, Баганская 95, Тюменская 26, Карабалыкская 98, Горноуральская, Лютесценс 30, Серебристая, Jasna. **Методы.** В ходе исследования были использованы следующие методы: лабораторная оценка на устойчивость к ионам алюминия в фазу проростков; полевые испытания в двух пунктах, различающиеся по уровню pH и содержанию подвижных ионов алюминия (фон 1: pH = 4,3; Al^{3+} = 5,4 мг/кг почвы; фон 2: pH = 3,8; Al^{3+} = 211,0 мг/кг почвы); статистическая обработка результатов. **Результаты.** По индексу длины корней не установлено достоверных различий между генотипами, большинство изучаемых образцов характеризовались как высокоустойчивые (ИДК = 80...100 %). Высокой генотипической обусловленностью характеризовались следующие показатели: длина зародышевых корней, сухой вес проростков и соотношение масс корней и ростков (root to shoot ratio – RSR). Полевую устойчивость оценивали по процентному снижению признаков. Наибольшая реакция на условия жесткого эдафического стресса отмечена по урожайности (7,1–16,9 % от нормы в зависимости от комбинации), наименьшая – по содержанию каротиноидов (78,0–111,0 %) и массе 1000 зерен (67,7–89,3 %). Не обнаружено значимых корреляций между ИДК, длиной зародышевых корней и полевой устойчивостью. Выявлена тенденция усиления корреляций до средних положительных либо достоверных значений между лабораторными характеристиками (длина зародышевых корней, масса проростков) и полевыми параметрами (размеры флаговых листьев, содержание хлорофиллов, элементы продуктивности колоса, урожайность) при переходе от фона 1 к фону 2. Способность к перераспределению биомассы в пользу надземной части растений в фазу проростков (индекс RSR) оказывала значимое положительное влияние на элементы продуктивности на обоих фонах. **Научная новизна.** Выявлены и рекомендованы для отбора на устойчивость к ионам алюминия морфофизиологические характеристики проростков: длина корня, сухая масса проростка, индекс RSR.

Ключевые слова: яровая пшеница, гибридные популяции, проростки, устойчивость к алюминию, элементы продуктивности, урожайность.

Для цитирования: Волкова Л. В., Амунова О. С., Тиунова Л. Н. Использование морфофизиологических параметров проростков яровой пшеницы в селекции на алюмоустойчивость // Аграрный вестник Урала. № 04 (207). С. 24–33. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-24-33.

Дата поступления статьи: 05.03.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Одной из актуальных проблем современного растениеводства в России является негативное влияние повышенной почвенной кислотности на урожайность зерновых культур. В Российской Федерации почти 30 % пахотных земель характеризуются как сильно- и среднекислые [1, с. 614]. Особенно остро эта проблема стоит на северо-востоке Европейской России, где преобладают дерново-подзолистые почвы с повышенной кислотностью и низким уровнем естественного плодородия. Возделывание кислотоустойчивых сортов в таких условиях обеспечивает большую и стабильную урожайность сельскохозяйственных культур. О возможности создания новых конкурентоспособных сортов зерновых культур, толерантных к почвенной кислотности, свидетельствуют исследования, проведенные в различных регионах России [2]. Кроме

прибавки урожая, устойчивые к ионной токсичности сорта характеризуются более высокой отзывчивостью на минеральные удобрения и мелиоранты, что позволяет снизить себестоимость продукции [3, с. 385].

Селекция растений должна базироваться на знаниях не только о физиологических механизмах устойчивости, но и о закономерностях формирования признаков в различных условиях среды выращивания: оптимальных и при воздействии естественных абиотических стрессов. В системе косвенного отбора особая роль принадлежит оценке растений на ранних (ювенильных) стадиях их роста [4, с. 27], [5, с. 46], поэтому в последние годы широкое распространение получили лабораторные тесты, которые позволяют быстро диагностировать генотипы по алюмоустойчивости [6, с. 38], [7, с. 122]. При содержании в питательной среде в больших количествах алюминий быстро поглощается

корнями и локализуется в оболочках клеток. В результате этого снижается активность деления клеток корня, уменьшаются длина, масса корней, количество корневых волосков и их абсорбирующая поверхность [8, с. 515], [9, с. 315], [10]. Поэтому в первую очередь необходимо акцентировать внимание на развитии корневой системы проростков. Яровая мягкая пшеница имеет широкий спектр генотипического разнообразия по реакции корневой системы на стрессовое воздействие [11], и анализируемые при оценке исходного материала параметры должны обладать высоким межсортовым полиморфизмом. Выявление наиболее простых и в то же время информативных физиолого-морфологических параметров, свидетельствующих об устойчивости растительного организма к ионной токсичности Al^{3+} , особенно актуально на начальных этапах селекции, для гибридов ранних поколений, поскольку позволяет значительно ускорить селекционный процесс.

Цель работы – определить эффективность методов ранней диагностики по некоторым морфофизиологическим характеристикам проростков яровой пшеницы в селекции на устойчивость к алюминию.

Методология и методы исследования (Methods)

Для исследований использовали 15 гибридных популяций яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), полученных от скрещивания сортов, различающихся по уровню продуктивности и алюмоустойчивости: Алтайская 530, Баганская 95, Тюменская 26, Карабалыкская 98 (материнские формы); Горноуральская, Лютеценс 30, Серебристая, Jasna (отцовские формы). В 2018–2020 гг. в фазу проростков гибриды трех смежных поколений F_2 – F_4 подвергали лабораторной оценке по методике [12]. В качестве стрессового воздействия использовали ионы алюминия (1,5 мМ сульфата алюминия при pH 4,3) для имитации почвенной алюмокислотности – главного стрессового фактора кислых дерново-подзолистых почв. Уровень устойчивости оценивали по величине индекса длины корней (ИДК), рассчитываемого по соотношению длин наибольшего корня в опыте и контроле, а также общей биомассе проростков и величине соотношения сухих масс корней и ростков (индекс root to shoot ratio – RSR). В 2020 г. гибридное поколение F_4 дополнительно изучали в полевых условиях на делянках площадью 4,5 м², в двух пунктах: ФАНЦ Северо-Востока (фон 1) и Фаленская селекционная станция (фон 2). Почва на двух участках испытания дерново-подзолистая среднесуглинистая, с содержанием гумуса 2,2 %, различающаяся по уровню pH (фон 1: pH = 4,3; фон 2: pH = 3,8) и содержанию подвижных ионов алюминия (фон 1: Al^{3+} = 5,4 мг/кг почвы; фон 2: Al^{3+} = 211,0 мг/кг почвы). Полевую устойчивость оценивали по снижению размеров листового аппарата, количества хлорофилльных пигментов, основных элементов продуктивности и урожайности. Статистическую обработку результатов проводили с помощью дисперсионного, а также парного корреляционного анализов. Коэффициенты фенотипической корреляции между признаками рассчитывали при численности выборки $n = 15$, считая достоверными значения $r \geq 0,51$ и $r \geq 0,59$ соответственно при 5- и 1-процентном уровне значимости.

Результаты (Results)

При диагностике устойчивости широко используют индекс длины корня (ИДК) как отношение длины корня растений при стрессе к контрольным значениям. Принято считать, что наиболее устойчивые генотипы сохраняют или в слабой степени снижают соотношение длины корней. Согласно шкале [12], большинство изучаемых образцов F_2 – F_4 характеризовались как высокоустойчивые (ИДК 80...100 %). Гибридные комбинации Карабалыкская 98 × Лютеценс 30 и Карабалыкская 98 × Jasna отнесены к группе устойчивых (ИДК 60...80%). По индексу длины корней не установлено достоверных различий между генотипами ($F_{\text{факт}} = 1,13$), что наряду с низкой повторяемостью признака в ряду трех поколений ($r = -0,215...0,217$) не позволило четко дифференцировать изучаемые гибридные популяции по данному параметру (таблица 1).

Считается, что растения с более развитой первичной корневой системой имеют преимущества за счет лучшего использования ресурсов почвы [13]. В литературе есть указания о выраженной сортовой специфичности развития корневой системы проростков [14, с. 196], [15, с. 22], что может быть использовано в практической селекции. Поэтому важно обращать внимание на развитие зародышевых корней не только при наличии стрессового воздействия, но и в его отсутствие. В отличие от относительного показателя ИДК, абсолютные значения длины корней в опыте и контроле характеризовались высокой генотипической обусловленностью ($F_{\text{факт}} = 3,79*...3,94*$). Это согласуется с данными предыдущих исследований [16, с. 15], где доказан высокий уровень наследуемости этого признака ($h^2 = 69,8...87,4$ %) и значимый вклад материнских компонентов. Исходя из средних трехлетних значений (таблица 1), достоверно высокими значениями длины корней в контроле характеризовались гибриды Карабалыкская 98 × Jasna, в опыте – Тюменская 26 × Jasna.

Накопление высокой биомассы растения на ранних этапах онтогенеза свидетельствует о высокой метаболической активности генотипа и о высоком темпе синтеза органического вещества. Предполагается, что такие генотипы хорошо усваивают питательные вещества при низкой их концентрации в субстрате, что соответствует понятию «агрохимически эффективного сорта» [17, с. 291]. В нашем исследовании отмечена высокая межсортовая специфичность по весу проростков как в нормальных условиях, так и в растворе сульфата алюминия ($F_{\text{факт}} = 3,00*...3,03*$). Общее снижение показателя при стрессе составило 4,0 %, с изменением от +3,4 до –10,3 % в зависимости от комбинации. Гибрид Баганская 95 × Горноуральская достоверно превосходил среднее групповое значение по сухой массе проростка в контроле и опыте, Тюменская 26 × Jasna – в опыте. Достоверно низким весом проростков в контроле характеризовался гибрид Алтайская 530 × Серебристая, однако при общей тенденции к снижению массы проростков при воздействии стресса у данного генотипа наблюдалось ее повышение. Незначимое снижение либо повышение массы проростка под воздействием алюмокислого стресса у некоторых гибридов можно объяснить результатом действия механизмов детоксикации, в частности внутриклеточного хелатирования ионов тяжелых металлов с участием органических кислот [18].

Таблица 1
Характеристика гибридов F_2-F_4 по устойчивости к ионам алюминия в фазу проростков (2018–2020 гг.)

Гибридная комбинация	ИДК, %	Длина корня, см		Сухой вес проростка, мг		Индекс RSR	
		Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Алтайская 530 × Лютесценс 30	83,9	10,3	8,6	7,88	7,61	0,85	0,86
Алтайская 530 × Jasna	87,1	10,0	8,7	7,82	7,79	0,99*	0,93*
Алтайская 530 × Горноуральская	86,6	9,4	8,1	7,78	7,64	0,85	0,83
Алтайская 530 × Серебристая	88,7	9,2	8,1	7,09	7,33	0,86	0,86
Баганская 95 × Лютесценс 30	84,7	10,6	9,0	8,39	8,30	0,87	0,80
Баганская 95 × Jasna	83,4	11,1	9,2	9,35	8,53	0,85	0,81
Баганская 95 × Горноуральская	85,4	11,1	9,5	9,88*	9,42*	0,74	0,74
Баганская 95 × Серебристая	83,5	11,4	9,5	8,87	8,09	0,80	0,79
Карабалыкская 98 × Лютесценс 30	79,7	11,4	9,1	8,30	7,86	0,84	0,80
Карабалыкская 98 × Jasna	77,9	12,3*	9,6	9,16	8,31	0,89	0,81
Карабалыкская 98 × Горноуральская	82,5	11,4	9,8	8,94	8,99	0,78	0,77
Карабалыкская 98 × Серебристая	82,2	11,6	9,5	8,59	8,51	0,83	0,74
Тюменская 26 × Лютесценс 30	81,4	10,9	8,9	8,39	7,52	0,87	0,79
Тюменская 26 × Jasna	81,7	12,2	9,9*	9,41	9,31*	0,91	0,83
Тюменская 26 × Серебристая	81,8	11,7	9,5	8,45	7,93	0,89	0,81
Среднее в опыте, n = 15	83,4	11,0	9,1	8,55	8,21	0,85	0,81
$F_{\text{факт}}$	1,13	3,94*	3,79*	3,03*	3,00*	4,23*	3,61*
$НСР_{05}$	–	1,3	0,8	1,23	1,08	0,08	0,07

Table 1
Characteristics of F_2-F_4 hybrids on resistance to aluminum ions in the seedling phase (2018–2020)

Hybrid combination	RLI, %	Roof length, cm		Dry weight of the seedling, mg		RSR Index	
		Control	Experience	Control	Experience	Control	Experience
Altayskaya 530 × Lutescens 30	83.9	10.3	8.6	7.88	7.61	0.85	0.86
Altayskaya 530 × Jasna	87.1	10.0	8.7	7.82	7.79	0.99*	0.93*
Altayskaya 530 × Gornouralskaya	86.6	9.4	8.1	7.78	7.64	0.85	0.83
Altayskaya 530 × Serebristaya	88.7	9.2	8.1	7.09	7.33	0.86	0.86
Baganskaya 95 × Lutescens 30	84.7	10.6	9.0	8.39	8.30	0.87	0.80
Baganskaya 95 × Jasna	83.4	11.1	9.2	9.35	8.53	0.85	0.81
Baganskaya 95 × Gornouralskaya	85.4	11.1	9.5	9.88*	9.42*	0.74	0.74
Baganskaya 95 × Serebristaya	83.5	11.4	9.5	8.87	8.09	0.80	0.79
Karabalykская 98 × Lutescens 30	79.7	11.4	9.1	8.30	7.86	0.84	0.80
Karabalykская 98 × Jasna	77.9	12.3*	9.6	9.16	8.31	0.89	0.81
Karabalykская 98 × Gornouralskaya	82.5	11.4	9.8	8.94	8.99	0.78	0.77
Karabalykская 98 × Serebristaya	82.2	11.6	9.5	8.59	8.51	0.83	0.74
Tyumenskaya 26 × Lutescens 30	81.4	10.9	8.9	8.39	7.52	0.87	0.79
Tyumenskaya 26 × Jasna	81.7	12.2	9.9*	9.41	9.31*	0.91	0.83
Tyumenskaya 26 × Serebristaya	81.8	11.7	9.5	8.45	7.93	0.89	0.81
Mean value. n = 15	83.4	11.0	9.1	8.55	8.21	0.85	0.81
F_{factual}	1.13	3.94*	3.79*	3.03*	3.00*	4.23*	3.61*
LSD_{05}	–	1.3	0.8	1.23	1.08	0.08	0.07

Высокая устойчивость растений может быть связана с увеличением затрат ассимилятов на рост корней, снижения ростовых процессов, т. е. тех показателей, которые ограничивают рост наземной биомассы и хозяйственной ее части [19, с. 401]. Способность перераспределять биомассу по органам и частям растений относят к важным ростовым адаптациям [20, с. 220], [21, с. 177] и зависит от экспрессии определенных генов, контролирующих гормональную регуляцию [22]. Дисперсионный анализ показал существенность различий между генотипами по индексу RSR (масса корня / масса ростка) ($F_{\text{факт}} = 4,23 \dots 3,61^*$). Достоверно высоким значением этого кри-

терия по отношению к среднему групповому значению отличалась гибридная комбинация Алтайская 530 × Ясна, достоверно низким – Баганская 95 × Горноуральская. Изменение индекса RSR показывает реализацию типа адаптивной стратегии к токсичности ионов алюминия. При переходе от нормальных условий к стрессовым индекс RSR снижался у большинства гибридов на 1,7... 10,0 %, т. е. происходило перераспределение биомассы в пользу наземной части. Такая закономерность прослеживается и в работах других исследователей [23]. В отдельных гибридных комбинациях (Алтайская 530 × Лютеценс 30, Алтайская 530 × Серебристая, Баганская 95 × Горноуральская) перераспределения биомассы не происходило.

Таблица 2

Корреляционная связь между лабораторными и полевыми оценками на устойчивость к алюминию

Показатель	ИДК		Длина корня		Масса проростка		RSR	
	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2
Фаза колошения								
Длина флагового листа	0,076	-0,202	0,047	0,295	-0,065	0,420	-0,036	-0,543*
Ширина флагового листа	0,264	0,058	-0,073	0,185	0,466	0,530*	-0,627**	-0,524*
Площадь флагового листа	0,324	-0,081	-0,130	0,259	0,350	0,489	-0,533*	-0,540*
Хлорофилл А	0,135	-0,244	-0,242	0,119	0,006	0,242	0,134	-0,661**
Хлорофилл В	0,247	-0,336	-0,343	0,132	-0,128	0,167	0,455	-0,647**
Каротиноиды	-0,264	-0,259	0,210	0,199	0,296	0,297	-0,310	-0,608**
ССК	0,203	-0,412	-0,252	0,080	-0,211	-0,147	0,568*	-0,234
Фаза полной спелости								
Высота растений	0,255	-0,050	-0,294	0,070	-0,499	0,126	0,062	-0,337
Продуктивная кустистость	-0,639**	0,355	0,446	-0,444	0,021	-0,310	0,206	0,353
Длина колоса	0,404	-0,075	-0,095	0,415	0,234	0,573*	-0,526*	-0,415
Число колосков	0,368	0,012	-0,016	0,366	0,364	0,582*	-0,448	-0,432
Число зерен	0,030	-0,202	0,275	0,417	0,307	0,494	-0,344	-0,464
Масса зерна с колоса	0,074	-0,186	0,222	0,348	0,270	0,416	-0,469	-0,519*
Масса зерна с растения	-0,260	-0,166	0,397	0,327	0,208	0,402	-0,308	-0,506
Масса 1000 зерен	0,037	-0,096	0,148	0,108	0,164	0,224	-0,531*	-0,552*
Урожайность	0,321	0,200	-0,130	0,029	0,262	0,411	-0,046	-0,273

Примечание. *, ** – достоверно соответственно при 5 и 1 % уровнях значимости.

Table 2

Correlation between laboratory and field estimates of aluminum resistance

Parameter	RLI		Rooll length		Dry weight of the seedling		RSR Index	
	Field 1	Field 2	Field 1	Field 2	Field 1	Field 2	Field 1	Field 2
Earing phase								
Length of the flag sheet	0.076	-0.202	0.047	0.295	-0.065	0.420	-0.036	-0.543*
Flag sheet width	0.264	0.058	-0.073	0.185	0.466	0.530*	-0.627**	-0.524*
Flag Sheet area	0.324	-0.081	-0.130	0.259	0.350	0.489	-0.533*	-0.540*
Chlorophyll A	0.135	-0.244	-0.242	0.119	0.006	0.242	0.134	-0.661**
Chlorophyll B	0.247	-0.336	-0.343	0.132	-0.128	0.167	0.455	-0.647**
Carotenoids	-0.264	-0.259	0.210	0.199	0.296	0.297	-0.310	-0.608**
Light-collecting complex	0.203	-0.412	-0.252	0.080	-0.211	-0.147	0.568*	-0.234
Full ripeness phase								
Plant height	0.255	-0.050	-0.294	0.070	-0.499	0.126	0.062	-0.337
Productive bushiness	-0.639**	0.355	0.446	-0.444	0.021	-0.310	0.206	0.353
Ear length	0.404	-0.075	-0.095	0.415	0.234	0.573*	-0.526*	-0.415
Number of spikelets	0.368	0.012	-0.016	0.366	0.364	0.582*	-0.448	-0.432
Number of grains	0.030	-0.202	0.275	0.417	0.307	0.494	-0.344	-0.464
Grain weight per ear	0.074	-0.186	0.222	0.348	0.270	0.416	-0.469	-0.519*
Grain weight per plant	-0.260	-0.166	0.397	0.327	0.208	0.402	-0.308	-0.506
Mass of 1000 grains	0.037	-0.096	0.148	0.108	0.164	0.224	-0.531*	-0.552*
Yield	0.321	0.200	-0.130	0.029	0.262	0.411	-0.046	-0.273

Note. *, ** – significantly at 5 and 1 % significance levels.

Лабораторные методы, которые основаны на анатомо-морфологических признаках проростков, безусловно, ускоряют и упрощают анализ селекционного материала. Поэтому большой практический интерес представляет изучение соотношений между диагностическими критериями, определяющими лабораторную и полевую алюмоустойчивость генотипов. На этапе полевого изучения устойчивость оценивали по степени снижения ростовых и продукционных характеристик растений при воздействии стрессового фактора. Гибридные популяции были проанализированы на двух фонах по 16 показателям, 7 из которых – параметры фотосинтетической активности в фазу колошения (размеры флагового листа, содержание фотосинтетических пигментов). Согласно данным из литературных источников, критический предел содержания алюминия в почве, снижающий урожайность яровой пшеницы на 50–100 %, составляет 100–120 мг/кг почвы [24, с. 216], а наиболее высокая токсичность алюминия проявляется при pH ниже 4,0 [9, с. 315]. Избыток доступного алюминия на фоне низкого pH приводит к задержке роста и ограничению ветвления корней, мешает поглощению, транспорту и использованию ряда важнейших элементов. В надземных частях растения сокращается длина междоузлий, уменьшаются размеры листа, снижается интенсивность фотосинтеза и содержание хлорофиллов. Все это замедляет отток ассимилятов в репродуктивные органы и приводит к снижению урожая [25].

В почве Фаленской селекционной станции (фон 2) предельная концентрация алюминия была превышена в 2 раза. Высокая стрессовая нагрузка в период полевых испытаний подтверждается значительным снижением уровня продуктивности гибридного материала по сравнению с нормальными условиями (фон 1). Урожайность на кислом участке в зависимости от популяции составляла 24,5–58,8 г/м² (7,1–16,9 % от нормы), масса зерна с колоса – 0,23–0,75 г (24,7–63,7 %), высота растений – 38–56 см (42,0–64,8 %), масса 1000 зерен – 27,5–36,8 г (67,7–89,3 %), площадь флагового листа – 3,5–8,1 см² (43,0–92,5%), количество хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) – 70,8–77,6% (77,0–90,6%). Максимальную урожайность в нормальных условиях формировал гибрид Баганская × Jansa (430 г/м²), в стрессовых – Тюменская × Jansa (58,8 г/м²).

Выявление корреляционных связей между параметрами лабораторных и полевых оценок позволяет определить значимость отдельных морфобиологических признаков в нормальных и лимитированных условиях. В системе соотношений «ИДК проростков» / «признаки продуктивности в фазы колошения и полной спелости» не обнаружено достоверных зависимостей, при этом наблюдалась тенденция ослабления или отклонения корреляций в отрицательную сторону при переходе от фона 1 к фону 2. Исключение составила связь с признаком «продуктивная кустистость», которая свидетельствует о том, что более устойчивые по длине корней генотипы образовывали значимо меньшее число дополнительных побегов в нормальных условиях и большее – в условиях алюмокислого стресса. Между урожайностью и параметром ИДК наблюдали слабую положительную корреляцию в обоих случаях (таблица 2).

Параметр «длина зародышевых корней» достоверно не влиял на признаки, анализируемые в фазу колошения. С ухудшением условий зафиксированы усиление корреляций с длиной флагового листа, а также изменение знака (от слабых отрицательных значений к слабо положительным) по ширине, площади листа и содержание хлорофиллов *A* и *B*. Длина зародышевых корней играла положительную роль в развитии дополнительных побегов в благоприятных условиях и отрицательную – в условиях алюмокислого стресса. Можно констатировать, что большей кустистостью на фоне 1 обладали генотипы с длинными корнями и высокой их пластичностью, а на фоне 2 – генотипы с меньшей длиной корней, но высокой устойчивостью по ИДК. Более тесные корреляции между размером корней у проростков и элементами продуктивности колоса на фоне 2 по сравнению с фоном 1 могут свидетельствовать о возрастающем вкладе корневой системы в продуктивность главного колоса на алюмокислых почвах.

Генотипы, обладающие потенциально более высокой массой 5-дневных проростков, в благоприятных условиях выращивания выделялись по ширине и площади флагового листа, имели меньшую высоту растений и более озерненный колос. Гибриды, сохраняющие высокую биомассу проростков в растворе сульфата алюминия, на кислом участке также имели значительное преимущество по ширине, а также по длине и площади листовой пластинки. При переходе от нормальных условий к стрессовым наблюдали увеличение тесноты связи до положительных достоверных значений между весом проростков, с одной стороны, и параметрами колоса (длина и число колосков), с другой стороны. Корреляция массы проростка с остальными элементами продуктивности (числом зерен, массой зерна с колоса и растения) и урожайностью усиливалась с 0,208–0,307 до 0,402–0,494. Таким образом, оценка генотипов по косвенному признаку «масса проростка» в лабораторном опыте позволяет спрогнозировать их продуктивность по некоторым признакам.

Как видно из таблицы 2, способность к перераспределению биомассы между надземной и подземной частями растений в фазу проростков (индекс RSR) оказывала существенное влияние на элементы продуктивности в гибридных популяциях. Низкие значения RSR в благоприятных условиях были достоверно связаны с увеличением ширины флагового листа и его площади, длины колоса, массы 1000 зерен, снижением доли хлорофилла в светособирающих комплексах (ССК), но не коррелировали с длиной листовой пластинки, высотой растения, продуктивной кустистостью и урожайностью. Пониженные значения RSR при прорастивании в растворе алюминия на высоком уровне значимости согласуются с повышенным содержанием фотосинтетических пигментов, включая каротиноиды, увеличенным размером флаговых листьев, массой зерна с колоса и массой 1000 зерен при выращивании на фоне 2. Отрицательные корреляции индекса RSR были отмечены практически со всеми признаками продуктивности, за исключением продуктивной кустистости.

Анализ корреляционных связей позволил установить, что если ориентировать селекцию на устойчивость к ионам алюминия, следует отбирать те генотипы, которые в

лабораторном опыте на средах с Al^{3+} формируют проросток с высокой массой и длинным корнем, в то же время у которых значительная часть запасных веществ расходуется на развитие надземной части. Отбор по этим признакам, исходя из наших данных, не противоречит отбору на потенциальную продуктивность и будет результативным, поскольку доказана их генотипическая обусловленность на примере гибридных популяций ранних поколений.

При отборах в оптимальных почвенных условиях маркерными признаками кислотоустойчивости можно считать относительно меньшую длину флагового листа и длину стебля, поскольку данные признаки достоверно связаны с устойчивостью (величиной среднего снижения по комплексу изучаемых признаков в системе «фон 2/фон 1»): $r = -0,525^*$ и $r = -0,640^{**}$ соответственно. С ухудшением условий, наоборот, важно обращать внимание на высокие значения указанных ростовых признаков. Объяснить это можно тем, что в неблагоприятных условиях, когда фотосинтез подавлен, относительное участие запасенных в стеблях питательных веществ возрастает до 30–40 % и соломину можно рассматривать не как конкурента за питательные вещества, а как донора, способствующего лучшему наливу зерна. Если проводить полевые отборы на фоне жесткого алюмоокислого стресса, необходимо ориентироваться на высокие значения каждого из указанных в таблице 2 параметров ($r = 0,620^{**}$... $0,865^{**}$), кроме продуктивной кустистости, поскольку все они являются отражением интегрального ответа растительного организма на стрессовое воздействие. Гибриды, формирующие более высокую урожайность на кислом участке, характеризовались минимальным снижением или даже повышением содержания каротиноидов в ответ на стресс ($r = 0,511^*$), поэтому высокие значения каротиноидов могут косвенно свидетельствовать об устойчивости. Корреляция между урожайностью на двух фонах была средняя положительная ($r = 0,417$).

Сравнение двух комбинаций с различной выраженностью признаков в фазе проростков позволило смоделировать ситуацию индивидуального отбора из гибридных популяций. Согласно лабораторному исследованию, гибридная комбинация, образованная от скрещивания потенциально высокоурожайного сорта Баганская 95 и алюмоустойчивого сорта Горноуральская, отличалась относительно более длинным корнем (101–104 % от среднего группового значения всех генотипов), достоверно высокой биомассой проростков в контроле и опыте (115–116 %) и стабильно низким индексом RSR (87–91 %). При полевом изучении на фоне 1 данная гибридная комбинация выделялась по ширине и площади флагового листа (114–115 %), содержанию фотосинтетических пигментов (100–107 %), элементам продуктивности колоса (103–114 %), но имела низкую продуктивную кустистость (74 %). Урожайность в нормальных условиях составила 376,4 г/м² (108 % от среднего значения).

Гибридная популяция, полученная от скрещивания сортов Алтайская 530 и Jasna, в фазу проростков имела меньшую длину корней (91–96% от среднего группового значения), более низкую массу проростков (91–95 %) и самое высокое значение индекса RSR (115–116 %). В бла-

гоприятных условиях выращивания данная комбинация характеризовалась высоким содержанием хлорофиллов *A* и *B* (106–120 %), более узким и длинным листом, большей продуктивной кустистостью (95 %), меньшей массой зерна с колоса и растения (73–88 %) и массой 1000 зерен (90 %). Урожайность была сформирована на уровне среднего в опыте – 342,0 г/м² (99 %).

Как известно, между потенциальной продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям среды существует противоречие: наиболее устойчивые генотипы отличаются меньшей продуктивностью. У исследуемых гибридных популяций отмечена различная стратегия адаптации к стрессу, выраженная в неодинаковой степени снижения или повышения отдельных признаков. За более устойчивый в данном случае принимали тот генотип, у которого отклонение относительных показателей от 100 % (фон 1) было минимальным.

В гибридной комбинации Баганская 95 × Горноуральская в ответ на стресс наблюдали одинаковое снижение массы надземной и подземной частей проростков, в результате их общая масса снизилась на 4,6 % при сохранении значения RSR на прежнем уровне (0,74). В условиях жесткого почвенного стресса данная комбинация сохраняла преимущество по параметрам флагового листа в фазу колошения (снижение на 7–28 %), в меньшей степени снижала количество фотосинтетических пигментов (на 1–38 %), сохраняла стабильность по числу продуктивных стеблей. Однако в фазу полной спелости она сильнее реагировала на стресс снижением признаков продуктивности колоса и растения (на 38–66%). Снижение урожайности по отношению к фону 1 составило 87 %.

В комбинации Алтайская 530 × Jasna под воздействием ионов алюминия повышалась средняя масса ростков (на 3,1 %) и снижалась средняя масса корней (на 3,9 %), соответственно, общая масса проростка не изменялась, а соотношение корень/росток снижалось с 0,99 до 0,93 (на 6,1 %). В условиях полевого эдафического стресса наблюдали сильное снижение уровня всех фотосинтетических пигментов, размеров листовой пластинки (на 30–51 %) в фазу колошения. Реакция по параметрам продуктивности колоса и растения была менее выраженной (снижение на 29–64 %), однако абсолютные значения были ниже, снижение урожайности составило 90 %. По агрономической устойчивости – степени снижения урожайности при воздействии стрессового фактора – обе комбинации были близки к среднему в опыте.

Таким образом, генотип Баганская 95 × Горноуральская, характеризующийся высокой метаболической активностью и силой роста надземной части в период от всходов до колошения, несколько снижает устойчивость к фазе полной спелости. Показано, что зерновая продуктивность обусловлена отложенными в зерне углеводами – продуктами ассимиляции после цветения, а не в результате перераспределения запасных веществ, образовавшихся ранее [19, с. 407]. Можно предположить, что у данного генотипа в начальный период адаптации фотоассимиляты перераспределялись в сторону развития листовой части растений, угнетая рост корней, что в условиях дефицита ресурсов привело к относительному снижению зерновой

продуктивности. Генотип Алтайская 530 × Jasna, характеризующийся более низким темпом синтеза органического вещества, но способный регулировать соотношение корень/побег в стрессовых условиях, предположительно направлял большее количество пластических веществ в корни для поддержания их физиологической активности. Это дало возможность в некоторой степени стабилизировать урожайность, главным образом за счет продуктивности колоса.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

При лабораторном анализе 15 гибридных популяций ранних поколений F_2-F_4 на устойчивость к ионам алюминия не установлено достоверных различий между генотипами по индексу длины корней, большинство изучаемых образцов характеризовались как высоко устойчивые (ИДК = 80...100 %). Высокой генотипической обусловленностью характеризовались показатели: длина зародышевых корней, сухой вес проростков и соотношение масс корней и ростков (root to shoot ratio – RSR), что позволило выделить перспективные комбинации. Наибольшая реакция на условия жесткого эдафического стресса отмечена по урожайности (7,1–16,9 % от нормы в зависимости от комбинации), наименьшая – по содержанию каротиноидов (78,0–111,0 %) и массе 1000 зерен (67,7–89,3 %). Максимальную урожайность в нормальных условиях формировал гибрид Баганская × Jasna, в стрессовых – Тюменская ×

Jasna. Не обнаружено достоверных корреляций между ИДК, длиной зародышевых корней и полевой устойчивостью. Выявлена тенденция усиления корреляций до средних положительных, либо достоверных значений между лабораторными параметрами (длина зародышевых корней, масса проростков) и полевыми параметрами (размеры флаговых листьев, содержание хлорофиллов, элементы продуктивности колоса, урожайность) при ухудшении условий. Способность к перераспределению биомассы в пользу надземной части растений в фазу проростков (индекс RSR) оказывала достоверное положительное влияние на некоторые элементы продуктивности на обоих фонах. Анализ комбинаций Баганская 95 × Горноуральская и Алтайская 530 × Jasna, достоверно различающихся в фазе проростков по биомассе и распределению пластических веществ между корнем и ростком, позволил определить различия по их потенциальной продуктивности и адаптации к стрессу. При селекции на устойчивость к ионам алюминия рекомендуется отбирать генотипы с высокой массой проростка, у которых значительная часть запасных веществ расходуется на развитие надземной части, поскольку эти признаки достаточно тесно коррелируют с данными полевых испытаний. Отбор по данным признакам не противоречит отбору на потенциальную продуктивность и будет результативным, поскольку доказана их генотипическая обусловленность на примере гибридных популяций ранних поколений.

Библиографический список

1. Курина А. Б., Косарева И. А., Артемьева А. М. Генетическое разнообразие *raphanus sativus* l. коллекции вир по аллюмоустойчивости // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 6. С. 613–624.
2. Митрофанова Е. М. Кислотоустойчивые сорта полевых культур. Эффективность применения в Предуралье. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 96 с.
3. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В трех томах. Москва: Агрорус, 2009. Том II. 1104 с.
4. Марченкова Л. А., Давыдова Н. В., Павлова О. В., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г. Оценка селекционного материала яровой мягкой пшеницы на устойчивость к искусственно создаваемым стрессовым ситуациям // Вестник аграрной науки. 2021. № 1 (88). С. 26–32.
5. Ступко В. Ю., Зобова Н. В., Сидоров А. В., Гаевский Н. А. Перспективные способы оценки яровой мягкой пшеницы на чувствительность к эдафическим стрессам // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 45–50.
6. Лисицын Е. М. Физиологические параметры корневых систем в селекции зерновых культур на абioticкую устойчивость // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2018. № 3 (15). С. 37–45.
7. Кононенко Н. В., Чабан И. А., Смирнова Е. А., Широких И. Г., Шуплецова О. Н., Баранова Е. Н. Тестирование устойчивости разных форм ячменя (*Hordeum vulgare* L.) к токсическому действию алюминия // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 121–130.
8. Mota L. H. S., Scalon S. P. Q., Dresch D. M., Scalon L. Q., Silva C. J. Gas exchange and antioxidant activity accessions of *Jatropha curcas* L. under aluminium (Al) stress // Australian Journal of Crop Science. 2020. No. 14 (03). Pp. 510–516.
9. Яковлева О. В. Фитотоксичность ионов алюминия // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179. № 3. С. 315–331.
10. Надежкина Е. В., Тушавина О. В., Вихрева В. А. Изучение действия свинца, кадмия и селена на ранних этапах онтогенеза яровой пшеницы // Агротехнологический вестник. 2018. № 5. С. 43–48.
11. Шапошников А. И., Моргунов А. И., Акин Б., Макарова Н. М., Белимов А. А., Тихонович И. А. Сравнительные характеристики корневых систем и корневой экссудации у синтетического, примитивного и современного сортов пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 1. С. 68–78.
12. Лисицын Е. М. Методика лабораторной оценки аллюмоустойчивости зерновых культур // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2003. № 3. С. 5–7.
13. Шаманин В. П., Поточкая И. В., Шепелев С. С., Пожерукова В. Е., Моргунов А. И. Морфометрические параметры корневой системы и продуктивность растений у синтетических линий яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири в связи с засухоустойчивостью // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 587–597.

14. Коробко В. В., Миронова А.Р. Особенности развития корневой системы проростков яровой мягкой пшеницы // Бюллетень Ботанического сада СГУ. 2015. № 13. С. 192–197.
15. Кононенко Н. В., Диловарова Т. А., Канавский Р. В., Лебедев С. В., Баранова Е. Н., Федореева Л. И. Оценка морфологических и биохимических параметров устойчивости различных генотипов пшеницы к хлоридному засолению // Вестник РУДН. Серия: Агротехнологии и животноводство. 2019. Т. 14. № 1. С. 18–39.
16. Амунова О. С., Волкова Л. В., Тиунова Л. Н. Наследование алюмоустойчивости мягкой яровой пшеницы в ювенильный период развития // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (176). С. 10–16.
17. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.
18. Osmolovskaya N. G., Dung V. V., Kuchaeva L. The role of organic acids in heavy metal tolerance in plants // Biological Communications. 2018. Vol. 63. No. 1. Pp. 9–16.
19. Образцов А. С. Потенциальная продуктивность культурных растений. Москва: ФГНУ «Роинформагротех», 2001. 504 с.
20. Шевлягина О. Ф., Коробко В. В. Особенности реализации донорно-акцепторных отношений при нарушении целостности зародышевой корневой системы проростка *Triticum aestivum* L. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20. № 2. С. 219–225.
21. Akman H. Cereals have greater root and shoot biomass and less root: shoot ratio than forage legumes // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 177–182.
22. Gupta N., Gaurav S., Kumar A.. Molecular Basis of Aluminium Toxicity in Plants: A Review // American Journal of Plant Sciences. 2013. Vol. 4. No. 12. Pp. 21–37.
23. Szabo-Nagy A., Gyimes E., Veha A. Aluminium toxicity in winter wheat. Acta Univ. Sapientiae // Alimentaria. 2015. Vol. 8. Pp. 95–103.
24. Жученко А. А. Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации. Москва, 2012. 584 с.
25. Wojorquez-Quintal E., Escalante C., Martínez-Estevéz M. Aluminum, a Friend or Foe of Higher Plants in Acid Soils // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. Pp. 1–18. DOI: 10.3389/fpls.2017.01767.

Об авторах:

Людмила Владиславовна Волкова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-0837-8425 ; AuthorID 710565; +7 962 894-25-30, volkovkirov@mail.ru

Оксана Сергеевна Амунова¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8560-840X; AuthorID 1017206; +7 953 683 51-71, priemnaya@fanc-sv.ru

Людмила Николаевна Тиунова¹, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2219-3926; AuthorID 1105966; priemnaya@fanc-sv.ru

¹ Федеральное аграрное научное учреждение Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, Киров, Россия

The use of morpho-physiological parameters of spring wheat seedlings in the selection for aluminum resistance

L. V. Volkova^{1✉}, O. S. Amunova¹, L.N. Tiunova¹

¹ Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitskiy, Kirov, Russia

✉ E-mail: volkovkirov@mail.ru

Abstract. Goal. Determination of the effectiveness of early diagnostic methods for resistance to aluminum ions. 15 hybrid populations of F_2 – F_4 spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.), created with the participation of varieties Altayskaya 530, Bagan-skaya 95, Tyumenskaya 26, Karabalykskaya 98, Gornouralskaya, Lutescens 30, Serebristaya, Jasna were studied. **Methods.** Laboratory assessment for resistance to aluminum ions in the seedling phase; field tests in two points, differing in pH level and content of mobile aluminum ions ($pH_1 = 4.3$; $Al^{3+} = 5.4$ mg/kg of soil; $pH_2 = 3.8$; $Al^{3+} = 211.0$ mg/kg of soil); statistical processing of the results. **Results.** According to the root length index, there were no significant differences between the genotypes, most of the studied samples were characterized as highly resistant (RLI = 80 ... 100 %). The following indicators were characterized by high genotypic indicators: the length of the germ roots, the dry mass of seedlings, the ratio of the root mass to the shoot mass (RSR). The following parameters were characterized by high genotypic conditionality: the length of germinal roots, the dry weight of seedlings, and the ratio of root to shoot weights (RSR). Field stability was assessed by the percentage reduction in signs. The greatest reaction to the conditions of severe edaphic stress was noted in terms of yield (7.1–16.9 % of the norm, depending on the combination), the lowest – in terms of carotenoid content (78.0–111.0 %) and weight of 1000 grains (67.7–89.3 %). No significant correlations were found between RLI, germ root length, and field stability. There was a tendency to increase correlations to average positive or reliable values between laboratory characteristics (length of germ roots, weight of seedlings) and field parameters (size of flag leaves, chlorophyll content, ear productivity elements, yield) during the transi-

tion from background 1 to background 2. The ability to redistribute biomass in favor of the aboveground part of plants in the seedling phase (RSR index) had a significant positive effect on productivity elements on both backgrounds. **Scientific novelty.** Morphophysiological characteristics of seedlings were identified and recommended for selection for resistance to aluminum ions: root length, dry weight of the seedling, RSR index.

Keywords: spring wheat, hybrid populations, seedlings, resistance to aluminum, productivity elements, yield.

For citation: Volkova L. V., Amunova O. S., Tiunova L. N. Ispol'zovaniye morfo-fiziologicheskikh parametrov prorstkov yarovoy pshenitsy v selektsii na alyumoustoychivost' [The use of morphophysiological parameters of spring wheat seedlings in the selection for aluminum resistance] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 24–33. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-24-33. (In Russian.)

Paper submitted: 05.03.2021.

References

1. Kurina A. B., Kosareva I. A., Artemyeva A. M. Geneticheskoe raznoobrazie Raphanus sativus L. kolleksii VIR po alyumoustoychivosti [Genetic diversity of VIR Raphanus sativus L. collections on aluminum tolerance] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. Vol. 24. No. 6. Pp. 613–624. (In Russian.)
2. Mitrofanova E. M. Kislotoustoychivyye sorta polevykh kul'tur. Effektivnost' primeneniya v Predural'ye [Acid-resistant varieties of field crops. The effectiveness of the application in the Urals]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 96 p. (In Russian.)
3. Zhuchenko A. A. Adaptivnoye rasteniyevodstvo (ekologo-geneticheskiye osnovy). Teoriya i praktika [Adaptive Plant Production (Ecological & Genetic Backgrounds). Theory and Practice]. Moscow: Agrorus, 2009. Vol. II. 1104 p. (In Russian.)
4. Marchenkova L.A., Davuydova N.V., Pavlova O.V., Chavdar R.F., Orlova T.G. Otsenka selektsionnogo materiala yarovoy myagkoy pshenitsy na ustoychivost' k iskusstvenno sozdavaemym stressovym situatsiyam [Evaluation of soft spring wheat selection material by the artificially-induced stresses resistance] // Bulletin of Agrarian Science. 2021. No. 1 (88). Pp. 26–32. (In Russian.)
5. Stupko V. Yu., Zobova N. V., Sidorov A. V., Gaevskii N. A. Perspektivnye sposoby otsenki yarovoy myagkoy pshenitsy na chuvstvitel'nost' k edaficheskim stressam [Promising methods for assessing spring common wheat for sensitivity to edaphic stress] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 10. Pp. 45–50. (In Russian.)
6. Lisitsyn E. M. Fiziologicheskkiye parametry kornevykh sistem v selektsii zernovykh kul'tur na abioticheskuyu ustoychivost' [Physiological traits of root systems in cereal crops breeding for abiotic resistance] // Vestnik of the Mari State University. 2018. No. 3 (15). Pp. 37–45. (In Russian.)
7. Kononenko N. V., Chaban I. A., Smirnova E. A., Shirokikh I. G., Shupletsova O. N., Baranova E. N. Testirovanie ustoychivosti raznykh form yachmenya (Hordeum vulgare L.) k toksicheskomu deystviyu alyuminiya [Testing the stability of different forms of Hordeum vulgare L. to the toxic action of aluminum] // Theoretical and Applied Ecology. 2019. No. 2. Pp. 121–130. (In Russian.)
8. Mota L. H. S., Scalon S. P. Q., Dresch D. M., Scalon L. Q., Silva C. J. Gas exchange and antioxidant activity accessions of Jatropha curcas L. under aluminium (Al) stress // Australian Journal of Crop Science. 2020. No. 14 (03). Pp. 510–516.
9. Yakovleva O. V. Fitotoksichnost' ionov alyuminiya [Phytotoxicity of aluminum ions] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2018. Vol. 179. No. 3. Pp. 315–331. (In Russian.)
10. Nadezhkina E. V., Tushavina O. V., Vikhreva V. A. Izucheniye deystviya svintsa, kadmiya i svena na rannikh etapakh ontogeneza yarovoy pshenitsy [The effect of lead, cadmium and selenium on grain crops at early stages of spring wheat ontogeny] // Agrochemical Herald. 2018. No. 5. Pp. 43–48. (In Russian.)
11. Shaposhnikov A. I., Morgounov A. I., Akin B., Makarova N. M., Belimov A. A., Tikhonovich I. A. Sravnitel'nye kharakteristiki kornevykh sistem i kornevoy eksksudatsii u sinteticheskogo, primitivnogo i sovremennogo sortov pshenitsy [Comparative characteristics of root systems and root exudation of synthetic, landrace and modern wheat varieties] // Agricultural Biology. 2016. Vol. 51. No. 1. Pp. 68–78. (In Russian.)
12. Lisitsyn E. M. Metodika laboratornoy otsenki alyumoustoychivosti zernovykh kul'tur [Methods of laboratory assessment of aluminum resistance of grain crops] // Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2003. No. 3. Pp. 5–7. (In Russian.)
13. Shamanin V. P., Pototskaya I. V., Shepelev S. S., Pozherukova V. E., Morgounov A. I. Morfometricheskkiye parametry kornevoy sistemy i produktivnost' rasteniy u sinteticheskikh liniy yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Zapadnoy Sibiri v svyazi s zasukhoustoychivost'yu [Root habitus and plant productivity of spring bread wheat synthetic lines in western siberia, as connected with breeding for drought tolerance] // Agricultural Biology. 2018. Vol. 53. No. 3. Pp. 587–597. (In Russian.)
14. Korobko V. V., Mironova A.R. Osobennosti razvitiya kornevoy sistemy prorstkov yarovoy myagkoy pshenitsy [Features of the development of root system spring wheat seedlings] // Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University. 2015. No. 13. Pp. 192–197. (In Russian.)
15. Kononenko N. V., Dilovarova T. A., Kanavsky R. V., Lebedev S. V., Baranova E. N., Fedoreeva L. I. Otsenka morfoloicheskikh i biokhimicheskikh parametrov ustoychivosti razlichnykh genotipov pshenitsy k khloridnomu zasoleniyu [Evaluation

ation of morphological and biochemical resistance parameters to chloride salination in different wheat genotypes] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2019. Vol. 14. No. 1. Pp. 18–39. (In Russian.)

16. Amunova O. S., Volkova L. V., Tiunova L. N. Nasledovaniye alyumoustoychivosti myagkoy yarovoy pshenitsy v yuvenil'nyy period razvitiya [Inheritance of aluminum resistance in soft spring wheat during juvenile period of development] // Bulletin of Altai state agricultural University. 2019. No. 6 (176). Pp. 10–16. (In Russian.)

17. Kil'chevskiy A. V., Khotyleva L. V. Ekologicheskaya selektsiya rasteniy [Ecological plant breeding]. Minsk: Tekhnologiya, 1997. 372 p. (In Russian.)

18. Osmolovskaya N. G., Dung V. V., Kuchaeva L. The role of organic acids in heavy metal tolerance in plants // Biological Communications. 2018. Vol. 63. No. 1. Pp. 9–16.

19. Obraztsov A.S. Potentsial'naya produktivnost' kul'turnykh rasteniy [Potential productivity of cultivated plants]. Moscow, 2001. 504 p. (In Russian.)

20. Shevlyagina O. F., Korobko V. V. Osobennosti realizatsii donorno-aktseptornykh otnosheniy pri narushenii tselostnosti zarodyshevoy kornevoy sistemy proroστka Triticum aestivum L. [Some features of implementation of source-sink relations in violation of the integrity of the root system of seedlings of Triticum Aestivum L.] // Izvestiya of Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology. 2020. Vol. 20. No. 2. Pp. 219–225. (In Russian.)

21. Akman H. Cereals have greater root and shoot biomass and less root: shoot ratio than forage legumes // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 177–182.

22. Gupta N., Gaurav S., Kumar A.. Molecular Basis of Aluminium Toxicity in Plants: A Review // American Journal of Plant Sciences. 2013. Vol. 4. No. 12. Pp. 21–37.

23. Szabo-Nagy A., Gyimes E., Veha A. Aluminium toxicity in winter wheat. Acta Univ. Sapientiae // Alimentaria. 2015. Vol. 8. Pp. 95–103.

24. Zhuchenko A. A. Mobilizatsiya geneticheskikh resursov tsvetkovykh rasteniy na osnove ikh identifikatsii i sistematizatsii [Mobilization of genetic resources of flowering plants of the base of their identification and systematisation]. Moscow, 2012. 584 p. (In Russian.)

25. Bojorquez-Quintal E., Escalante C., Martínez-Estevéz M. Aluminum, a Friend or Foe of Higher Plants in Acid Soils // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. Pp. 1–18. DOI: 10.3389/fpls.2017.01767.

Authors' information:

Lyudmila V. Volkova¹, candidate of biological sciences, senior researcher, head of the laboratory, ORCID 0000-0002-0837-8425, AuthorID 710565; +7 962 894-25-30, volkovkirov@mail.ru

Oksana S. Amunova¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0001-8560-840X, AuthorID 1017206; +7 953 683 51-71, priemnaya@fanc-sv.ru

Lyudmila N. Tiunova¹, junior researcher; ORCID 0000-0003-2219-3926; priemnaya@fanc-sv.ru

¹ Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitskiy, Kirov, Russia

Влияние различных факторов на формирование урожая и качество продукции картофеля

Л. И. Петрова¹✉, Ю. И. Митрофанов¹, М. В. Гуляев¹, Н. К. Первушина¹

¹ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», Москва, Россия

✉ E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Аннотация. Целью исследований было изучение влияния норм удобрений в зависимости от осушения и погодных условий на урожайность и качество картофеля, окупаемость их прибавкой урожая. **Методология и методы исследований.** Исследования проводили в двухфакторном полевом опыте в 2012–2020 гг., фактор А – осушение (осушенная закрытым гончарным дренажом и неосушенная почва), фактор В – различные нормы удобрения (без удобрений; компост многоцелевого назначения (КМН) 10 т/га + K₉₀; КМН 10 т/га + N₇₀K₁₈₀). Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, хорошо окультуренная. Картофель возделывали по разработанной во ВНИИМЗ грядовой технологии, предшественник озимые зерновые культуры. По погодным условиям годы исследований разделены на избыточно влажные, влажные и засушливые. Анализы и наблюдения проводили по общепринятым методикам опытного дела, расчеты с использованием статистического анализа. **Результаты.** Выявлены тенденции изменения показателей водно-воздушного режима пахотного слоя почвы (влажности, общей порозности, порозности аэрации, объемной массы) в зависимости от осушения и погодных условий. Установлено влияние норм удобрений на осушенном и неосушенном участках в зависимости от погодных условий на содержание минерального азота в почве, урожай картофеля и его структуру, качество продукции (содержание нитратов, крахмала в клубнях), использование фотосинтетически активной солнечной радиации (КПД ФАР), окупаемость удобрений прибавкой урожая. Определена доля влияния удобрений и осушения на вариабельность урожая в различных погодных условиях. **Научная новизна.** Установлена доля участия изучаемых факторов в вариабельности урожая картофеля и рациональные нормы применения удобрений в зависимости от почвенных и погодных условий.

Ключевые слова: картофель, осушение, удобрения, погодные условия, водно-воздушный и питательный режимы, урожайность, качество продукции, окупаемость удобрений.

Для цитирования: Петрова Л. И., Митрофанов Ю. И., Гуляев М. В., Первушина Н. К. Влияние различных факторов на формирование урожая и качество продукции картофеля // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 34–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-34-42.

Дата поступления статьи: 29.01.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Необходимым условием, обеспечивающим эффективное использование осушаемых земель, получение требуемых урожаев и продукции высокого качества, является поддержание в корнеобитаемом слое почвы благоприятных для растений агрофизических условий по критериям водно-воздушного режима. Нарушение водно-воздушного режима и накопление в почве токсичных продуктов анаэробного разложения считаются основными причинами низкой продуктивности переувлажненных почв [1, с. 29], [2, с. 29], [3, с. 42]. Система земледелия на осушаемых землях должна строиться с учетом их мелиоративного состояния по водному режиму, биологических особенностей возделываемых культур и почвенно-климатических ресурсов, во многом определяющих количество и качество получаемой продукции [4, с. 43], [5, с. 30], [6, с. 9], [7, с. 21], [8, с. 32].

Дерново-подзолистые почвы Нечерноземной зоны России отличаются невысоким естественным плодородием, поэтому применение удобрений является необхо-

димым основным средством, обеспечивающим повышение урожайности сельскохозяйственных культур на этих почвах [9, с. 19], [10, с. 34], [11, с. 31], [12, с. 30], [13, с. 12]. Особую актуальность они приобрели в картофелеводстве при использовании высокоинтенсивных энергоемких технологий, сопровождающихся большим выносом питательных веществ, что обуславливает необходимость применения органических и минеральных удобрений [14, с. 31], [15, с. 11], [16, с. 11], [17, с. 583], [18, с. 56]. Важное значение в таких технологиях при высокой стоимости удобрений и ограниченности их ресурсов имеет установление наиболее рациональных норм внесения удобрений, обеспечивающих высокий уровень их окупаемости.

Цель наших исследований – выявить влияние различных норм внесения удобрений в зависимости от осушения и погодных условий на урожайность и качество продукции картофеля, окупаемость удобрений.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования по изучению формирования урожайности картофеля проводили в плодосменном четырех-

польном севообороте в двухфакторном полевом опыте в 2012–2020 гг. в Тверской области. Фактор А – осушение: осушенная закрытым гончарным дренажом (междреннее расстояние – 20 м, глубина заложения дрен – 0,9–1,2 м) и неосушенная почва. Фактор В – разные нормы удобрения: без удобрений; компост многоцелевого назначения (КМН) 10 т/га + K₉₀ (средние нормы); КМН 10 т/га + N₇₀K₁₈₀ (высокие нормы). Для оценки влияния погодных условий на формирование продуктивности картофеля годы исследований были сгруппированы по близким показателям гидротермического коэффициента (ГТК). Технология возделывания картофеля рядовая, разработанная во ВНИИМЗ, предшественники – озимые зерновые культуры (рожь, тритикале). Выращивались районированные сорта картофеля, норма посадки клубней – 40 тыс/га.

Почва опытных участков дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, хорошо окультуренная с содержанием подвижного фосфора 120–240, калия – 150–200 мг/кг почвы (по Кирсанову) и гумуса – 2,09–2,38 % (по Тюрину), рН_{сол.} – 4,4. Опыт заложен в четырехкратной повторности, размещение вариантов производилось методом расщепленных делянок. Общая площадь делянок второго порядка – 430 м², учетная – 20. Во все годы исследований проводили наблюдения за водно-физическими (плотность, влажность почвы, общая пористость и порозность аэрации) и агрохимическими (содержание аммиачного и нитратного азота) показателями почвы, качество клубней оценивали по содержанию нитратов и крахмала.

Анализы и наблюдения проводили по общепринятым и гостированным методикам. Статистическую обработку данных осуществляли методом дисперсионного анализа с использованием программы Statistica.

Результаты (Results)

В годы исследований погодные условия различались. Для общей оценки погодных условий использовался ГТК по Селянинову. К избыточно влажным отнесены 2012, 2017, 2020 годы (ГТК за вегетационный период составил 2,02–2,31), к влажным – 2015, 2016, 2018, 2019 годы (с ГТК 1,12–1,58), к засушливым – 2013 и 2014 годы (с ГТК 0,95–0,99).

Ведущим фактором дифференциации сельскохозяйственного использования осушаемых земель является влажность корнеобитаемого слоя почвы. Для картофеля на легких по гранулометрическому составу почвах нижний оптимальный предел влажности почвы составляет 65 % НВ [19, с. 47]. Влажность пахотного слоя на осушенном участке в среднем за вегетацию по указанным грациям лет (избыточно влажным, влажным и засушливым) составила 71, 62, 40 % НВ, на неосушенном – 99, 73, 56.

Картофель предъявляет определенные требования к влажности почвы в отдельные фазы развития. В фазы онтогенеза – прорастание клубней, появление всходов и начало формирования ботвы, растения картофеля не требовательны к влажности почвы, хорошо переносят засушливую погоду, формируя развитую корневую систему. В фазы бутонизации и цветения, когда идет активный

Таблица 1
Влажность пахотного слоя почвы под посадками картофеля в разные периоды вегетации, % НВ

Годы исследований	Периоды вегетации картофеля		
	Прорастание клубней, появление всходов и формирование ботвы	Наибольший рост ботвы, фазы бутонизации и цветения	Формирование клубней – созревание
Осушенный участок			
Избыточно влажные	74	65	74
Влажные	63	68	48
Засушливые	49	37	22
Неосушенный участок			
Избыточно влажные	102	97	91
Влажные	74	79	61
Засушливые	64	56	28

Table 1
Moisture of the arable layer of soil under potato planting in different periods of the growing season, % of the lowest moisture capacity

Years of research	Potato growing periods		
	Germination of tubers, emergence and formation of tops	The greatest growth of foliage, budding and flowering phases	Tuber formation – ripening
Drained area			
Excessively wet	74	65	74
Wet	63	68	48
Arid	49	37	22
Non-drained area			
Excessively wet	102	97	91
Wet	74	79	61
Arid	64	56	28

рост ботвы, резко поднимается потребность картофеля во влаге, а недостаток негативно отражается на формировании столонов, образовании клубней, фотосинтезе. В этот период уровень влажности почвы должен составлять 70–80 % НВ. В последующие фазы – формирование и созревание клубней – для получения высокого и качественного урожая необходима теплая и умеренно влажная погода с влажностью почвы 55–60 % НВ. В таблице 1 приведена влажность пахотного слоя почвы под посадками картофеля по трем обозначенным периодам вегетации.

Наиболее благоприятной влажностью пахотного слоя почвы для картофеля на осушенном участке в среднем за вегетацию была в избыточно влажные годы, во влажные годы (2015, 2016 и 2018) влаги было недостаточно в фазу формирования клубней – созревания (32–47 % НВ), в засушливые – в течение всего периода вегетации, особенно во второй половине.

На неосушенном участке близкая к оптимальному состоянию влажность почвы в среднем за вегетацию была во влажные годы, в избыточно влажные в отдельные фазы развития картофеля наблюдалось переувлажнение (101–113 % НВ), в засушливые годы влажность почвы под картофелем была недостаточной, особенно в конце вегетации.

Помимо влажности почвы, важную роль для благоприятного развития растений играет водно-воздушный режим пахотного слоя почвы, оптимальные значения общей пористости равняются 50–55 %, порозности аэрации – не менее 20 % объема почвы. Для дерново-подзолистых почв с повышенной влажностью почвы хорошее обеспечение растений водой и воздухом складывается при их соотношении 1:1 [20, с. 47]. Значения общей пористости в течение 2012–2020 гг. как на осушенном, так и на неосушенном участке были на уровне оптимальных значений – 52–55 % объема почвы. На обоих участках объем пор, занятых воздухом, самый высокий был в засушливые годы, на осушенном – 43 % объема почвы, на неосушаемом – 39 %, что указывает на недостаточную влагообеспеченность растений в эти годы. На осушенном участке пористость аэрации выше оптимальных значений была и в остальные годы (37–38 % объема почвы), на неосушенном во влажные годы – 32 %. Плотность пахотного слоя почвы также во все годы наблюдений на обоих участках находилась на уровне оптимальных значений, предъявляемых при выращивании картофеля на легкосуглинистых почвах (1,14–1,19 г/см³).

Наблюдения за содержанием минерального азота в почве под картофелем показали, что в среднем за 2012–2020 гг. сумма нитратного и аммиачного азота на варианте без внесения удобрений находилась на низком уровне и составила 16,4–17,0 мг/кг почвы. При использовании средних и высоких норм удобрений содержание $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ в почве соответствовало высокому уровню и составляло 40,4–40,9 и 71,4–85,6 мг/кг соответственно.

Во влажные по ГТК годы на варианте, где вносился $\text{KMn} + \text{K}_{90}$, по сравнению с вариантом без удобрения содержание минерального азота в почве на обоих участках было больше в 2,5–2,7 раза, при внесении 10 т/га + $\text{N}_{70}\text{K}_{180}$ – в 4,8–5,2 раза, в избыточно влажные – соответ-

ственно в 2,7–3,0 и 3,8–4,0 раза, в засушливые – в 2,0–2,1 и 3,2–3,8 раза (таблица 2).

Погодные условия также влияли на суммарное содержание нитратного и аммиачного азота. Выше всего их содержание было во влажные по ГТК годы, в избыточно влажные – несколько ниже, а в засушливые – значительно меньше (таблица 2).

В зависимости от фаз развития растений по грациям лет наибольшие различия значений суммарного содержания нитратного и аммиачного азота на обеих почвах были при прохождении 1-го и 2-го периодов вегетации. В 1-й период (прорастание клубней, появление всходов и формирование ботвы) в среднем по вариантам опыта значения $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ в почве были больше во влажные и избыточно влажные годы и составляли 66–79 мг/кг почвы, в засушливые – 37–41. Во 2-й период (наибольший рост ботвы, фазы бутонизации и цветения) выше значения были во влажные годы 35–39 мг/кг почвы, в засушливые – 15–25, самые низкие в избыточно влажные – 10–14. В 3-й период (формирование клубней – созревание) во все годы идет снижение суммы NO_3 и NH_4 в почве и сближение значений на обеих почвах в среднем по вариантам опыта до уровня 11–18 мг/кг почвы.

Содержание нитратов в клубнях картофеля было значительно выше на вариантах с внесением удобрений, но не превышало значений ПДК (250 мг/кг), по вариантам опыта в среднем составив во влажные годы 120,2–169,0 мг/кг, в засушливые – 79,8–133,5. Корреляционный анализ между содержанием нитратов в клубнях и суммарным содержанием NO_3 и NH_4 в почве выявил сильную корреляционную связь: коэффициент корреляции составил 0,76–0,86.

По содержанию крахмала в клубнях можно отметить тенденцию снижения во влажные и избыточно влажные годы по сравнению с засушливыми, на осушенных участках с 14,1 % до 12,6–12,8, на неосушенных – с 13,0 до 12,4–12,8. На осушенной почве на вариантах с применением удобрений в избыточно влажные и засушливые годы наблюдалась тенденция повышения содержания крахмала по сравнению с неудобренным фоном соответственно с 12,3 до 13,0 % и с 13,9 до 14,3 %, во влажные годы при средних нормах удобрений значения по крахмалу были близкими, при высоких содержание крахмала несколько снижалось – с 12,8 до 12,2 %. На неосушенном участке во все годы отмечена тенденция его снижения на вариантах с удобрениями с 13,0–14,4 до 11,6–13,0 % по сравнению с вариантом без удобрений. В среднем за 9 лет на осушенной почве прослеживается тенденция повышения содержания крахмала при внесении удобрений: при средних нормах – с 12,7 до 13,3 %, при высоких – до 12,9; на неосушенной, наоборот, отмечено его снижение – с 13,6 до 11,9–12,1 %.

Исследования показали, что погодные условия оказывают существенное влияние на урожайность картофеля. На осушенной почве наиболее низкий урожай картофеля сформировался в засушливые годы – меньше на 32 и 38 % по сравнению с влажными и избыточно влажными, на неосушенной наиболее низкий урожай получили в избыточно влажные годы – на 14 и 18 % по сравнению с засушливыми и влажными (таблица 3).

Таблица 2
Влияние удобрений, осушения и погодных условий на содержание минерального азота в почве (мг/кг почвы, в среднем за 2012–2020 гг.) и нитратов в клубнях (мг/кг)

Вариант удобрений	Годы исследований					
	Избыточно влажные		Влажные		Засушливые	
	NO ₃ + NH ₄ в почве	NO ₃ в клубнях	NO ₃ + NH ₄ в почве	NO ₃ в клубнях	NO ₃ + NH ₄ в почве	NO ₃ в клубнях
Осушенный участок						
Без удобрений	15,9	110,7	17,4	91,5	13,0	61,8
Средние нормы	42,5	148,0	44,3	187,0	27,4	164,0
Высокие нормы	63,1	182,9	83,3	228,6	48,8	174,8
Среднее	40,5	147,2	48,3	169,0	29,7	133,5
Неосушенный участок						
Без удобрений	16,1	83,8	17,6	61,2	13,4	48,0
Средние нормы	48,2	107,4	48,1	94,8	26,8	83,3
Высокие нормы	60,5	148,6	91,9	204,7	42,6	108,2
Среднее	41,6	113,3	52,5	120,2	27,6	79,8

Table 2
Influence of fertilizers, drainage and weather conditions on the content of mineral nitrogen in the soil (mg / kg of soil, on average for 2012–2020) and nitrates in tubers (mg/kg)

Fertilizer option	Years of research					
	Excessively wet		Wet		Arid	
	NO ₃ + NH ₄ in soil	NO ₃ in tubers	NO ₃ + NH ₄ in soil	NO ₃ in tubers	NO ₃ + NH ₄ in soil	NO ₃ in tubers
Drained area						
No fertilizers	15.9	110.7	17.4	91.5	13.0	61.8
Average norms	42.5	148.0	44.3	187.0	27.4	164.0
High norms	63.1	182.9	83.3	228.6	48.8	174.8
The average	40.5	147.2	48.3	169.0	29.7	133.5
Non-drained area						
No fertilizers	16.1	83.8	17.6	61.2	13.4	48.0
Average norms	48.2	107.4	48.1	94.8	26.8	83.3
High norms	60.5	148.6	91.9	204.7	42.6	108.2
The average	41.6	113.3	52.5	120.2	27.6	79.8

Таблица 3
Урожайность картофеля в зависимости от изучаемых факторов, т/га

Вариант удобрений	Годы исследований			В среднем за 2012–2020 гг.
	Избыточно влажные	Влажные	Засушливые	
Осушенный участок				
Без удобрений	13,8	24,4	13,3	18,5
Средние нормы	43,4	35,4	24,3	35,6
Высокие нормы	51,5	39,5	30,1	41,5
Среднее	36,2	33,1	22,6	31,9
Неосушенный участок				
Без удобрений	9,6	20,2	16,6	15,8
Средние нормы	26,4	28,5	28,2	25,9
Высокие нормы	31,9	34,5	34,2	31,2
Среднее	22,6	27,7	26,3	24,3
НСР ₀₅ : любых средних удобрений почв, лет		3,7 1,5 1,2 1,2		4,2 3,0 2,4 –

Table 3
Potato yield depending on the studied factors, t/ha

Fertilizer option	Years of research			On average for 2012–2020
	Excessively wet	Wet	Arid	
Drained area				
No fertilizers	13.8	24.4	13.3	18.5
Average norms	43.4	35.4	24.3	35.6
High norms	51.5	39.5	30.1	41.5
The average	36.2	33.1	22.6	31.9
Non-drained area				
No fertilizers	9.6	20.2	16.6	15.8
Average norms	26.4	28.5	28.2	25.9
High norms	31.9	34.5	34.2	31.2
The average	22.6	27.7	26.3	24.3
LSD ₀₅ : any medium fertilizers soils, years		3.7 1.5 1.2 1.2		4.2 3.0 2.4 –

Во все годы применение и повышение норм удобрений положительно сказывалось на формировании урожая картофеля. На почве с дренажом в среднем за весь период исследований на варианте, где применялись средние нормы удобрений, по сравнению с вариантом без удобрений урожайность повысилась в 1,9 раза, с высокими – в 2,2, на неосушенном участке – в 1,6 и 2,0 раза соответственно уровням удобрений. Прирост урожайности от повышения величины вносимого удобрения на осушенной почве составил 17 %, неосушенной – 20 %.

Большой эффект от осушения отмечен в избыточно влажные годы, прибавка урожая в среднем по вариантам опыта составила 60 %, во влажные – 19 %, по девятилетним данным – 31 %. Стоит также отметить, что урожайность картофеля в засушливые годы лучше формировалась на участке без дренажа, прибавка в среднем по вариантам опыта составила 16 %.

На использование культурой удобрений оказывали влияние погодные условия. Наибольшие прибавки урожая от применения удобрений на обеих почвах были получены в избыточно влажные годы, на осушенной почве при средних нормах они составили 214 %, высоких – 273, на неосушенной – соответственно нормам – 175 % и 232 %, во влажные годы соответственно почвам и нормам прибавки урожая составили 45 и 62, 41 и 71 %.

Применение удобрений на осушенной почве способствовало получению самого высокого урожая в избыточно влажные годы, на неосушенной – во влажные и засушливые, при этом уровень урожайности имел близкие значения. В варианте без удобрений на обоих фонах осушения выше урожай получили во влажные годы.

На фоне удобрений разница в урожайности по грациям лет, по сравнению с неудобренным вариантом, была меньше. На неудобренном варианте урожай по грациям лет на осушенной почве отличался в 1,8 раза, при средних нормах – в 1,2–1,8, при высоких – в 1,3–1,7, на неосушенной в первом варианте в 1,2–2,1, во втором и третьем – в 1,0–1,1.

Доля участия в вариативности урожая изучаемых факторов распределилась следующим образом: удобрений – 66,0 %, граций лет – 6,0 %, осушения – 5,6 %. В различных погодных условиях доля влияния удобрений и осушения на вариативность урожая различалась: в избыточно влажные годы доля удобрений составила 74,1 %, осушения – 20,8 %, во влажные соответственно – 83,2 и 16,1, в засушливые – 93,4 и 6,5 %. В среднем за 9 лет доля влияния осушения на вариативность урожая 17,4 %, удобрений – 79,0 %.

Эффективность применения удобрений в посевах культур можно определить по окупаемости 1 кг д. в. прибавкой урожая. Наибольшая окупаемость 1 кг д. в. удобрений прибавкой урожая картофеля на обоих участках в среднем за 9 лет установлена от внесения высоких норм на осушенной почве – 35,2 кг, неосушенной – 23,6 кг, при средних нормах составила соответственно 34,6 и 20,4 кг. В зависимости от погодных условий выше на обеих почвах была в избыточно влажные годы, на осушенной при средних нормах – 59,9 кг, на неосушенной при высоких – 34,1 кг. В засушливые и влажные годы на обеих почвах

больше была на фоне высоких норм, на осушенной почве – соответственно 25,7 и 23,1 кг/кг, на фоне средних норм – 22,3, на неосушенной соответственно грациям лет и нормам – 26,9 и 23,5, 21,9 и 16,8.

Анализ структуры урожая картофеля показал, что на осушенном участке количество и масса клубней с одного куста больше сформировались в избыточно влажные годы, в среднем по вариантам опыта соответственно составляли 16,5 шт. и 911 г, меньше в засушливые – 10,3 шт. и 692 г, влажные занимали промежуточное положение – 12,1 шт. и 841 г. На неосушенном участке количество клубней с одного куста наибольшее было также в избыточно влажные годы 13,4 шт., а масса в засушливые – 945 г, наименьшие их значения по количеству были в засушливые годы – 9,7 шт., по массе в избыточно влажные годы – 650 г.

Процент в урожае количества и массы крупных и средних клубней на обоих участках снижался с повышением влажности почвы, в среднем по вариантам опыта на осушенном в засушливые годы составил соответственно 58 и 83 %, во влажные – 52 и 78 %, в избыточно влажные – 45 и 77 %, на неосушенном соответственно грациям лет и показателям – 64 и 89, 49 и 77, 38 и 68 %.

На неудобренном фоне значения этих показателей на обоих участках меньше были в избыточно влажные годы, на осушенном по количеству на уровне 20 %, по массе – 59 %, на неосушенном – соответственно 23 и 48 %. В другие годы на осушенном участке на этом варианте значения их близкие, по количеству в пределах 48–49 %, массе – 74–75 %, на неосушенном во влажные годы составили соответственно 41 и 69 %, в засушливые выше – 56 и 84 %. Применение удобрений наиболее повышало процент количества и массы крупных и средних клубней на осушенном участке в избыточно влажные и засушливые годы, при высоких нормах – соответственно до 61 и 88–89 %, во влажные – до 55 и 80 %, на неосушенном в засушливые соответственно – до 70 и 92 %, во влажные – до 56 и 86 %, менее – в избыточно влажные – до 45 и 80 %.

Во все годы количество клубней и их масса с 1 куста на удобренных вариантах были больше по сравнению с неудобренным. Применение и повышение норм удобрений в большей степени повлияло на увеличение количества клубней и их массы с 1 куста на обоих участках в избыточно влажные годы, на осушенном с 14,7 до 18,0 шт. и в 3,0–3,5 раза, на неосушенном – с 10,5 до 15,8 шт. и в 2,6–3,3 раза, в меньшей во влажные соответственно участкам и показателям с 10,8 до 12,8 шт. и в 1,5–1,7 раза, с 11,6 до 12,5 шт. и в 1,3–1,8 раза.

Средняя масса 1 клубня в среднем по вариантам опыта больше была на осушенной почве во влажные годы 71 г, в засушливые – 65, в избыточно влажные – 62, на неосушенной в засушливые – 98 г, во влажные – 67, в избыточно влажные – 54. На удобренных вариантах по сравнению с неудобренным на обеих почвах она более изменялась в избыточно влажные годы, увеличиваясь на осушенной почве с 36,7 г до 70,1 и 79,0 (в 1,9 и 2,2 раза), во влажные – с 56,3 до 72,1 и 84,5 г (в 1,3 и 1,5 раза), в засушливые – с 45,7 до 74,4 и 74,6 г (в 1,6 раза), на неосушенной соответственно годам – с 33,7 г до 62,6 и 65,0 (в 1,9 раза), с 49,6 до 69,8 и 82,2 (в 1,4 и 1,7), с 64,9 до 106,2 и 122,3 (в 1,6 и 1,9 раза).

Величина КПД ФАР на посадках картофеля в годы исследований в зависимости от изучаемых факторов, %

Вариант удобрений	Годы исследований			В среднем за 2012–2020 гг.
	Избыточно влажные	Влажные	Засушливые	
Осушенный участок				
Без удобрений	0,97	1,71	0,93	1,29
Средние нормы	3,03	2,47	1,70	2,49
Высокие нормы	3,60	2,76	2,11	2,90
В среднем	2,53	2,31	1,58	2,23
Неосушенный участок				
Без удобрений	0,67	1,42	1,16	1,11
Средние нормы	1,85	1,99	1,97	1,94
Высокие нормы	2,23	2,41	2,39	2,35
В среднем	1,58	1,94	1,84	1,80

Table 4

Benefit Coefficient of Photosynthetically Active Radiation on potato plantings during research years depending on the studied factors, %

Fertilizer option	Years of research			On average for 2012–2020
	Excessively wet	Wet	Arid	
Drained area				
No fertilizers	0.97	1.71	0.93	1.29
Average norms	3.03	2.47	1.70	2.49
High norms	3.60	2.76	2.11	2.90
The average	2.53	2.31	1.58	2.23
Non-drained area				
No fertilizers	0.67	1.42	1.16	1.11
Average norms	1.85	1.99	1.97	1.94
High norms	2.23	2.41	2.39	2.35
The average	1.58	1.94	1.84	1.80

Уровень фотосинтетически активной солнечной радиации (КПД ФАР), также определяет урожайность посевов. При значениях КПД ФАР 0,5–1,5 % посевы относятся к обычным, при 1,5–3,0 – к хорошим, при 3,5–5,0 – к рекордным [21, с. 11]. Расчет данного показателя в опыте показал, что эффективность использования ФАР посадками картофеля на почвах обоих фонов осушения возрастала при применении удобрения вообще, а при повышении используемых норм значительно (таблица 4). При внесении средних норм удобрений на осушенном участке величина КПД ФАР возросла в 1,9 раза, при высоких – в 2,2, на участке без дренажа – соответственно в 1,7 и 2,1 раза по сравнению с вариантом без использования удобрения.

Значения КПД ФАР изменялись и в зависимости от погодных условий: наиболее высокий показатель на вариантах с внесением удобрений на осушенной почве был в избыточно влажные годы, наименьшие значения – в засушливые годы. На опытном участке без дренажа все величины показателя были ниже (таблица 4).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, установлено влияние удобрений в зависимости от осушения и погодных условий на формирование урожая и качество продукции картофеля. Действие осушения сильнее проявилось в избыточно влажные годы, прибавка урожая в среднем по вариантам опыта

составила 60 %, во влажные годы – 20 %, по девятилетним данным – 31 %. В засушливые годы выше урожай получили на неосушенной почве в среднем по вариантам опыта на 16 %.

Более высокий эффект от применения удобрений на обеих почвах получен в избыточно влажные годы, на осушенной при средних нормах урожай повысился на 214 %, при высоких – на 273 %, на неосушенной – соответственно на 175 и 232 %. Доля участия в вариабельности урожая изучаемых факторов распределилась следующим образом: удобрений – 66,0 %, градаций лет – 6,0 %, осушения – 5,6 %. В различных погодных условиях доля влияния удобрений и осушения на вариабельность урожая различалась: в избыточно влажный год доля удобрений составила 74,1 %, осушения – 20,8 %, во влажные – соответственно 83,2 и 16,1 %, в засушливые – 93,4 и 6,5 %.

Наибольшая окупаемость 1 кг д. в. удобрений прибавкой урожая картофеля на обоих участках в среднем за 9 лет установлена при внесении высоких норм, на осушенной почве – 35,2 кг, неосушенной – 23,6, выше в избыточно влажные годы: на первой почве при средних нормах – 59,9, на второй при высоких – 34,1. Результаты исследований могут послужить основой при обосновании выбора более экономически выгодных технологических приемов возделывания картофеля в зависимости от почвенных и погодных условий.

Библиографический список

1. Янко Ю. Г., Петрушин А. Ф. О некоторых причинах переувлажнения и повторного заболачивания сельскохозяйственных земель в Ленинградской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 29–31.
2. Макарычева Е. А., Овчинникова Е. В. Определение критической глубины залегания грунтовых вод на осушенных землях // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 5. С. 29–31.
3. Лагутина Т. Б., Шалагинова Л. Н. Влияние разных видов дренажных систем длительного срока эксплуатации на режим осушения пойменных торфяных почв // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 6. С. 42–47.
4. Сташевски З., Кузьмина О. А., Вологин С. Г. [и др.] Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля // Земледелие. 2019. № 6. С. 43–48.
5. Жевора С. В. Экологическая адаптивность перспективных сортов отечественной селекции и экономическая оценка их возделывания // Земледелие. 2019. № 5. С. 30–35.
6. Дубовик Д. В., Чуян О. Г. Качество сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приемов и климатических условий // Земледелие. 2018. № 2. С. 9–13.
7. Строков А. С., Макаров О. А., Марахова Н. А., Поташников В. Ю. Влияние почвенно-климатических факторов на урожайность основных сельскохозяйственных культур в муниципальных районах Белгородской области // Земледелие. 2019. № 6. С. 21–24.
8. Иванов А. И., Конашенков А. А. Снижение зависимости земледелия северо-запада России от погодно климатических аномалий: проблемы и решения // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 5. С. 32–37.
9. Кирюшин В. И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 19–25.
10. Абашеев В. Д., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Жук С. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы Свеча // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 2 (57). С. 35–40.
11. Лекомцева Е. В. [и др.] Удобрение картофеля // Картофель и овощи. 2015. № 4. С. 34–35.
12. Петрова Л. И., Митрофанов Ю. И., Артемьев А. Е., Первушина Н. К., Лапушкина В. Н. Влияние удобрений и осушения на эффективность выращивания картофеля // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 5. С. 30–33.
13. Петрова Л. И., Митрофанов Ю. И., Первушина Н. К., Лапушкина В. Н. Эффективность удобрений в зависимости от погодных условий при возделывании картофеля на осушаемых землях // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. No. 2. С. 17–20.
14. Котова З. П. [и др.] Удобрение картофеля на севере // Картофель и овощи. 2015. № 11. С. 31–32.
15. Pospíšil A., Pospíšil M., Švenčbir M. Influence of organic and mineral fertilizers on agronomic traits of potato // Poljoprivreda. 2017. No. 23. Pp. 11–16. DOI: 10.18047/polio.23.1.2.
16. El-Gizawy N. Effect of Organic, Inorganic and Nano Fertilizers on Agronomic Traits of Maize // Annals of Agricultural Science, Moshtohor. 2019. No. 57 (1). Pp. 11–20. DOI: 10.21608/assjm.2019.41877.
17. Elbl J. Use of organic-mineral fertilizers as alternative to conventional organic and mineral fertilizers: effect on soil quality // Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Sofia, Bulgaria, 2019. Pp. 583–590. DOI: 10.5593/sgem2019/3.2/s13.076.
18. Чеботарев Н. Т., Конкин П. И., Юдин А. А. Эффективность комплексного применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве севера // Аграрная наука. 2018. № 6. С. 56–59.
19. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. Москва, 1996. 365 с.
20. Румянцев В. И., Коптева З. Ф., Сурков Н. Н. Земледелие с основами почвоведения. Москва, 1979. 367 с.
21. Каюмов М. К. Программирование продуктивности полевых культур. Москва, 1989. 368 с.

Об авторах:

Лидия Ивановна Петрова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-6197-0831, AuthorID 695048; +7 920 688-97-55, 2016vniimz-noo@list.ru

Юрий Иванович Митрофанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0994-6743, AuthorID 694907, +7 (4822) 37-80-96, m1trof4@yandex.ru

Максим Владимирович Гуляев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-5916-7778, AuthorID 695615; +7 920 024-10-43, maximilian550@rambler.ru

Наталья Константиновна Первушина¹, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0618-4405, AuthorID 1098786; +7 920 681-82-77, nperwuschina@yandex.ru

¹ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», Москва, Россия

Influence of various factors on crop formation and potato quality

L. I. Petrova[✉], Yu. I. Mitrofanov¹, M. V. Gulyaev¹, N. K. Pervushina¹

¹ Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

[✉] E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. The purpose of the research was to study the effect of fertilizer rates depending on drainage and weather conditions on the yield and quality of potatoes, their payback with an increase in yield. **Methodology and methods of research.** The studies were conducted in a two-factor field experiment in 2012–2020, factor A – drainage (drained by closed potter drainage and non-drained soil), factor B – various fertilizer rates (without fertilizers; multi-purpose compost (KMN) 10 t/ha + K₉₀; KMN 10 t/ha + N₇₀K₁₈₀). The soil of experimental plot of sod-podzolic light loamy are predominant, well-cultivated. Potatoes were cultivated according to the ridge technology developed at VNIIMZ, the predecessor of winter grain crops. According to weather conditions, the years of research are divided into excessively humid, humid and arid. Analyses and observations were carried out according to the generally accepted methods of experimental work, calculations using statistical analysis. **Results.** The tendencies of changes in the indicators of the water-air regime of the arable layer of soil (moisture, total porosity, porosity of aeration, bulk density) depending on drainage and weather conditions were revealed. The influence of fertilizer rates on drained and non-drained areas, depending on weather conditions, on the content of mineral nitrogen in the soil, yield and its structure, the quality of potato production (content of nitrates, starch in tubers), the use of photosynthetically active solar radiation, payback of fertilizers by an increase in yield has been established. The share of the influence of fertilizers and drainage on the variability of the yield in different weather conditions has been determined. **Scientific novelty.** The share of the participation of the studied factors in the variability of the potato yield and the rational rates of the use of fertilizers, depending on soil and weather conditions, have been established.

Keywords: potatoes, drainage, fertilizers, weather conditions, water-air and nutrient regimes, yield, product quality, return on fertilizers.

For citation: Petrova L. I., Mitrofanov Yu. I., Gulyaev M. V., Pervushina N. K. Vliyanie razlichnykh faktorov na formirovanie urozhaya i kachestvo produktsii kartofelya [Influence of various factors on crop formation and potato quality] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 34–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-34-42. (In Russian.)

Paper submitted: 29.01.2021.

References

1. Yanko Yu. G., Petrushin A. F. O nekotorykh prichinakh pereuvlazhneniya i povtornogo zabolachivaniya sel'skokhozyaystvennykh zemel' v Leningradskoy oblasti // Melioration and Water Management. 2018. No. 4. Pp. 29–31. (In Russian.)
2. Makarycheva E. A., Ovchinnikova E. V. Opredelenie kriticheskoy glubiny zaleganiya gruntovykh vod na osushennykh zemlyakh [Determination of the critical depth of groundwater on drained land] // Melioration and Water Management. 2018. No. 5. Pp. 29–31. (In Russian.)
3. Lagutina T. B., Shalaginova L. N. Vliyanie raznykh vidov drenazhnykh sistem dlitel'nogo sroka ekspluatatsii na rezhim osusheniya poymennykh torfyanykh pochv [The impact of different types of drainage systems long service life the drainage of inundated peat soils] // Melioration and Water Management. 2016. No. 6. Pp. 42–47. (In Russian.)
4. Stashevski Z., Kuz'minova O. A., Vologin S. G., et al. Pervye rezul'taty ekologo-geograficheskogo ispytaniya novykh rossiyskikh sortov kartofelya [First results of ecological and geographical testing of new russian potato varieties] // Zemledelie. 2019. No. 6. Pp. 43–48. (In Russian.)
5. Zhevora S. V. Ekologicheskaya adaptivnost' perspektivnykh sortov otechestvennoy selektsii i ekonomicheskaya otsenka ikh vozdeystviya [Environmental adaptability of russian promising potato varieties and economic evaluation of their cultivation] // Zemledelie. 2019. No. 5. Pp. 30–35. (In Russian.)
6. Dubovik D. V., Chuyan O. G. Kachestvo sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh priemov i klimaticheskikh usloviy [Quality of crops depending on agronomical practices and climatic conditions] // Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 9–13. (In Russian.)
7. Stokov A. S., Makarov O. A., Marakhova N. A., Potashnikov V. Yu. Vliyanie pochvenno-klimaticheskikh faktorov na urozhaynost' osnovnykh sel'skokhozyaystvennykh kultur v munitsipalnykh rayonakh Belgorodskoy oblasti [Influence of soil and climatic factors on productivity of main agricultural crops in municipal districts of the Belgorod region] // Zemledelie. 2019. No. 6. Pp. 21–24. (In Russian.)
8. Ivanov A. I., Konashenkov A. A. Snizhenie zavisimosti zemledeliya severo-zapada Rossii ot pogodno klimaticheskikh anomalii: problemy i resheniya [Reduce the dependency of the agriculture of the north-west of russia from weather and climate anomalies: problems and solutions] // Melioration and Water Management. 2018. No. 5. Pp. 32–37. (In Russian.)

9. Kiryushin V. I. Mineral'nye udobreniya kak klyuchevoy faktor razvitiya sel'skogo khozyaystva i optimizatsii prirodopol'zovaniya [Mineral fertilizers as the key factor of agriculture development and optimization of nature management] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2016. No. 3. Pp. 19–25. (In Russian.)
10. Abasheev V. D., Popov F. A., Noskova E. N., Zhuk S. N. Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna yarovoy pshenitsy Svecha [Influence of mineral fertilizers on productivity and grain quality in spring wheat Svecha] // Agricultural Science Euro-North-East. 2017. No. 2 (57). Pp. 35–40. (In Russian.)
11. Lekomtseva E. V., et al. Udobrenie kartofelya [Fertilizing of potato] // Potato and vegetables. 2015. No. 4. Pp. 34–35. (In Russian.)
12. Petrova L. I., Mitrofanov Yu. I., Artem'yev A. E., Pervushina N. K., Lapushkina V. N. Vliyaniye udobreniy i osusheniya na effektivnost' vyrashchivaniya kartofelya [Influence of fertilizers and draining on efficiency of potato production] // Melioration and Water Management. 2016. No. 5. Pp. 30–33. (In Russian.)
13. Petrova L. I., Mitrofanov Yu. I., Pervushina N. K., Lapushkina V. N. Effektivnost' udobreniy v zavisimosti ot pogodnykh usloviy pri vozdeleyvanii kartofelya na osushayemykh zemlyakh [Fertilizes effectiveness depending on weather condition under potatoes cultivation on drained lands] // Vestnik of the Russian agricultural sciences. 2020. No. 2. Pp. 17–20. (In Russian.)
14. Kotova Z. P., et al. Udobrenie kartofelya na severe [Fertilizing of potato in the european north] // Potato and vegetables. 2015. No. 11. Pp. 31–32. (In Russian.)
15. Pospisil A., Pospisil M., Švenčbir M. Influence of organic and mineral fertilizers on agronomic traits of potato // Poljonnivreda. 2017. No. 23. Pp. 11–16. DOI: 10.18047/polio.23.1.2.
16. El-Gizawy N. Effect of Organic, Inorganic and Nano Fertilizers on Agronomic Traits of Maize // Annals of Agricultural Science, Moshtohor. 2019. No. 57 (1). Pp. 11–20. DOI: 10.21608/assjm.2019.41877.
17. Elbl J. Use of organic-mineral fertilizers as alternanive to conventional organic and mineral fertilizers: effect on soil quality // Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Sofia, Bulgaria, 2019. Pp. 583–590. DOI: 10.5593/sgem2019/3.2/s13.076.
18. Chebotarev N. T., Konkin P. I., Yudin A. A. Effektivnost' kompleksnogo primeneniya organicheskikh i mineral'nykh udobreniy v kormovom sevooborote na dernovo-podzolistoy pochve severa [Efficiency of complex use of organic and mineral fertilizers in fodder crop rotation in sod-podzolic soil of the north] // Agrarian science. 2018. No. 6. Pp. 56–59. (In Russian.)
19. Kiryushin V. I. Ekologicheskie osnovy zemledeliya [Ecological foundations of agriculture]. Moscow, 1996. 365 p. (In Russian.)
20. Rumyantsev V. I., Kopteva Z. F., Surkov N. N. Zemledelie s osnovami pochvovedeniya [Agriculture with the basics of soil science]. Moscow, 1979. 367 p. (In Russian.)
21. Kayumov M. K. Programmirovaniye produktivnosti polevykh kul'tur [The programming productivity of field crops]. Moscow, 1989. 368 p. (In Russian.)

Authors' information:

- Lidiya I. Petrova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-6197-0831, AuthorID 69504; +7 920 688-97-55, 2016vniimz-noo@list.ru
- Yuriy I. Mitrofanov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-0994-6743, AuthorID 694907; +7 (4822) 378-096, mltrof4@yandex.ru
- Maksim V. Gulyaev¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-5916-7778, AuthorID 695615; +7 920 024-10-43, maximilian550@rambler.ru
- Natalya K. Pervushina¹, junior researcher, ORCID 0000-0003-0618-4405, AuthorID 1098786, +7 920 681-82-77, nperwuschina@yandex.ru
- ¹ Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

Оценка параметров плодоношения субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда»

А. Ш. Хужахметова¹✉, В. А. Семенютина¹

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

✉ E-mail: vnialmi@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – оценка параметров плодоношения интродуцированных субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда» для обоснования расширения ареалов возделывания экономически важных растений при обогащении дендрофлоры и формировании многоцелевых насаждений в Волгоградской области. **Объекты исследований** – виды и сорта различного ареалогического происхождения, произрастающие в условиях каштановых почв (кадастровые номера участков 34:36:0000:14:0178; 34:34:000000:122; 34:34:060061:10). **Методы.** Пределы толерантности видов, сортов и лимитирующие факторы их произрастания проводились на основе анализа опыта интродукции изучаемых родов *Zizyphus* и *Corylus* в России и за рубежом. Применен активный эксперимент для выявления зимо- и засухоустойчивости по характеру цветения. Оценка влияния состояния среды на стабильность плодоношения сортового разнообразия субтропических (*Zizyphus*) и орехоплодных (*Corylus*) культур проводилась методом кластерного анализа. **Результаты и область применения.** В пределах искусственных и естественных ареалов определены экологическая пластичность и репродуктивная способность кустарников с учетом климатических условий. В период исследований выделены острозасушливые (2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) и благоприятные (2014, 2016, 2018) в гидрологическом отношении условия для роста и развития интродуцированных кустарников. Установлена стабильность морфологических показателей плодов *Corylus* L. по абсолютным величинам. В благоприятные годы растения сорта Черкесский-2 характеризовались хорошим плодоношением (полноценных плодов около 75 %), остальные сорта уступают по стабильности плодоношения. Плодоношение удовлетворительное (около 50 % полноценных плодов). Установлено, что показатель доброкачественности мелкоплодных сортов растений *Z. jujuba* на каштановых почвах варьировался от 66,1 до 97,2 %, у среднеплодных сортов он был невысоким (28,4–42,6 %), а самый низкий (4,5–9,8 %) отмечен крупноплодных сортов Та-ян-цзао, Южанин. Полученные данные об особенностях плодоношения кустарников *Z. jujuba*, *C. pontica* позволяют обосновать стрессоустойчивые сорта как компоненты многоцелевых искусственных насаждений на деградированных землях. **Научная новизна.** Предложен кластерный анализ оценки и прогноза параметров плодоношения для целевого отбора перспективных экономически важных растений на основе их экологической пластичности в засушливых условиях.

Ключевые слова: параметры плодоношения, экологическая пластичность, сорта, «генотип-среда», обогащение дендрофлоры.

Для цитирования: Хужахметова А. Ш., Семенютина В. А. Оценка параметров плодоношения субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда» // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 43–54. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-43-54.

Дата поступления статьи: 21.12.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Площади естественного произрастания субтропических и орехоплодных растений (семейства *Corylaceae* Mirb., *Rhamnaceae*) ограничены, так же как и территории, пригодные по почвенно-климатическим условиям для их промышленного возделывания. Вместе с тем отмечается тенденция увеличения спроса на плоды этих культур. *Corylus avellana* относится к основным сырьевым растениям, показатели плодовой продуктивности которой увеличиваются от северных и северо-восточных границ ареала (0,05–0,10 т/га) к центру (0,20–0,40 т/га). На субъекты Южного и Приволжского федеральных округов приходится соответственно 43,5 и 36,0 %. С начала XXI

века объемы заготовки орехов в стране снизились более чем в три раза.

Zizyphus jujuba Mill. – нетрадиционный источник сырья БАВ благодаря высокому содержанию углеводов, протеинов, витаминов, пектина, органических кислот [1], [2].

Возрастает актуальность исследований по обоснованию расширения ареалов возделывания экономически важных растений для обогащения дендрофлоры, повышения биоресурсного потенциала и формирования многоцелевых насаждений на малолесных территориях [3, с. 1415–1422], [4, с. 365–382], [5, с. 29–42], [6], [7, с. 99–104].

Разное сочетание климатических и погодных показателей (высокие/низкие температуры, концентрация солей и др.) оказывает стрессовое воздействие на растительные организмы, что нашло отражение в публикациях многих исследователей [8, с. 585–592], [9, с. 433–447], [10, с. 785–791].

Анализ опыта интродукции изучаемых родов *Zizyphus* и *Corylus* L. в России и за рубежом позволил установить пределы толерантности видов, сортов и лимитирующие факторы их произрастания (количество осадков, температура). Стабильность плодоношения, качество плодов интродуцированных кустарников *Z. jujuba* Mill., *C. pontica* C. Koch. зависят от их экологической пластичности. Для рассматриваемого региона (Нижнее Поволжье) многие исследователи прогнозируют рост продолжительности вегетации с увеличением теплообеспеченности [11, с. 334]. Это указывает на актуальность исследований прогноза параметров плодоношения субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда».

Цель настоящего исследования – оценка параметров плодоношения интродуцированных субтропических и орехоплодных культур в режиме «генотип – среда» для обоснования расширения ареалов возделывания экономически важных растений для обогащения дендрофлоры и формирования многоцелевых насаждений в Волгоградской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Объекты исследований – виды и сорта *Zizyphus*, *Corylus* различного ареалогического происхождения, которые

произрастают в условиях каштановых почв (кадастровые номера участков 34:36:0000:14:0178; 34:34:000000:122; 34:34:060061:10). Год посадки – 1998, размещение опытных растений 6 × 4 м в трехкратной повторности по вариантам. Применен активный эксперимент по определению зимо-, засухоустойчивости [12], характера цветения, а также параметрам плодоношения (рис. 1) [13, с. 40–52], [14], [15, с. 740–753].

Для оценки влияния состояния среды по известным физическим параметрам (температура, осадки) на плодоношение сортового разнообразия был взят десятилетний период наблюдений (2010–2020 гг.).

Оценка цветения и плодоношения проводилась с учетом показателей, приведенных в таблице 1.

Определение качественных и количественных признаков в однородные группы (кластеры) проводится путем выяснения их близости на основе теоретических предпосылок. Обоснование кластеров базируется на отнесении к одной совокупности по типам качественных (баллы, ранги) и количественных (размеры, частота, доля, и др.) параметров. Проведена обработка экспериментальных данных (Excel, Statistica 8.0), полученных в полевых и лабораторных условиях.

Результаты (Results)

Анализ основных климатических характеристик естественного ареала *Zizyphus jujuba* Mill., *Corylus pontica* позволил выявить ограничивающие факторы произрастания в регионе исследований (таблицы 2, 3).



Рис. 1. Схема изучения растений в режиме исследований «генотип – среда»

Fig. 1. Scheme for studying plants in the “genotype – environment” research mode

Таблица 1

Оценка кустарников *Zizyphus jujuba*, *Corylus pontica* по основным параметрам

Показатели	Значения показателей признаков									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Водный дефицит, %	> 46	41–45	36–40	31–35	26–30	21–25	16–20	11–15	6–10	< 5
ОВЭ (выход электролитов (относительный))	> 4,0	3,6–3,8	3,3–3,5	2,9–3,2	2,6–2,8	2,3–2,5	1,9–2,2	1,6–1,8	1,3–1,5	< 1,20
Толерантность к температуре, °С	–5,0	–7,0	–10,0	–15,0	–20,0	–25,0	–30,0	–35,0	–37,0	> –37,0
Высота растения, м	< 1,0	1,05–1,95	2,00–2,95	3,00–3,95	4,00–4,95	5,00–5,95	6,00–6,95	7,00–7,95	8,00–8,95	> 9,00
Прирост побегов, м	< 0,1	0,11–0,30	0,31–0,50	0,51–0,70	0,71–0,90	0,91–1,10	1,11–1,30	1,31–1,50	1,51–1,70	> 1,71
Число на пог. м цветов, соцветий, плодов (соплодий), шт.	< 9,9	10–34,9	35–59,9	60–84,9	85–109,9	110–134,9	135–159,9	160–184,9	185–209,5	> 210
Масса семян (плодов)/растение, кг	< 0,10	0,10–0,60	0,61–1,10	1,11–1,60	1,61–2,10	2,11–2,60	3,11–3,60	3,61–4,10	4,11–4,60	> 4,60

Table 1

Evaluation of shrubs *Zizyphus jujuba*, *Corylus pontica* by main parameters

Indicators	Characteristic by key figures									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Water deficit, %	> 46	41–45	36–40	31–35	26–30	21–25	16–20	11–15	6–10	< 5
EY (electrolyte yield (relative))	> 4.0	3.6–3.8	3.3–3.5	2.9–3.2	2.6–2.8	2.3–2.5	1.9–2.2	1.6–1.8	1.3–1.5	< 1.20
Temperature tolerance, °C	–5.0	–7.0	–10.0	–15.0	–20.0	–25.0	–30.0	–35.0	–37.0	> –37.0
Plant height, m	< 1.0	1.05–1.95	2.00–2.95	3.00–3.95	4.00–4.95	5.00–5.95	6.00–6.95	7.00–7.95	8.00–8.95	> 9.00
Shoot growth, m	< 0.1	0.11–0.30	0.31–0.50	0.51–0.70	0.71–0.90	0.91–1.10	1.11–1.30	1.31–1.50	1.51–1.70	> 1.71
Number per running meter flowers, inflorescences, fruits, pcs.	< 9.9	10–34.9	35–59.9	60–84.9	85–109.9	110–134.9	135–159.9	160–184.9	185–209.5	> 210
Weight of seeds (fruits)/plant, kg	< 0.10	0.10–0.60	0.61–1.10	1.11–1.60	1.61–2.10	2.11–2.60	3.11–3.60	3.61–4.10	4.11–4.60	> 4.60

Таблица 2

Анализ климатических условий в пределах искусственного и естественного ареалов

Показатели	Экспериментальные посадки <i>Z. jujuba</i>		Дикорастущие популяции <i>Z. jujuba</i> Узбекистан, Ташкентская обл. 41°34' с. ш. 69°46' в. д.
	Волгоград 48°37'–48°38' с. ш. и 44°12'–44°13' в. д.	Камышин 50°4'–50°5' с. ш. и 45°22'–45°23' в. д.	
Длительность зимы, дней (средние календарные даты наступления и окончания сезона)	128 (15.XI–23.III)	138 (10.XI–28.III)	58 (28.XII–24.II)
Формирование снежного покрова	14.XII	7.XII	05.I
Длительность периода со снегом	96	110	27
Высота снежного покрова (средняя), см	10	17	7
Глубина промерзания почвы, см	60	90	80
Минимальная (абсолютная) температуры воздуха, °С	–35	–37	–30
Начало (дата):			
– весна	23.III	28.III	24.II
– лето	6.V	10.V	1.V
Средняя дата заморозка:			
– первого	07.X	02.X	19.X
– последнего	21.IV	25.IV	4.IV
Длительность безморозного периода	169	160	210
Сумма активных температур, °С	3200	2900	4300
Максимальная (абсолютная) температуры воздуха, °С	43	42	45

Table 2
Analysis of climatic conditions within artificial and natural habitats

Indicators	Experimental landings of <i>Z. jujuba</i>		Wild populations of <i>Z. jujuba</i>
	Volgograd 48°37'–48°38' north latitude and 44°12'– 44°13' east longitude	Kamyshin 50°4'–50°5' north latitude, 45°22'– 45°23' east longitude	Uzbekistan, Tashkent region 41°34' north latitude, 69°46' east longitude
Duration of winter, days (average calendar dates of the beginning and end of the season)	128 (15.XI-23.III)	138 (10.XI-28.III)	58 (28.XII-24.II)
Snow cover formation (date)	14.XII	7.XII	05.I
Duration of the snow period	96	110	27
Snow depth (average), cm	10	17	7
The depth of soil freezing, cm	60	90	80
Minimum (absolute) air temperature, °C	–35	–37	–30
Start (date):			
– spring	23.III	28.III	24.II
– summer	6.V	10.V	1.V
Average freeze date:			
– the first	07.X	02.X	19.X
– the last	21.IV	25.IV	4.IV
Duration of the frost-free period	169	160	210
Sum of active temperatures, °C	3200	2900	4300
Maximum (absolute) air temperature, °C	43	42	45

Таблица 3
Климатические параметры ареалов произрастания и культивирования представителей рода *Corylus*

Показатель	Батуми, Грузия	Россия	
		Сочи	Волгоград
Среднегодовая температура, °C	14,4	14,1	7,6
Температура января (средняя), °C	6,4	5,8	–5,5
Длительность периода вегетации, дней	265	248	215
Абсолютный минимум, °C	–8	–14	–37
Абсолютный максимум, °C	40	38	43
Сумма температур > + 10 °C	4324	4243	3200
Количество осадков, мм	2418	1534	350

Table 3
Climatic parameters of the areas of growth and cultivation of representatives of the genus *Corylus*

Index	Batumi, Georgia	Russia	
		Sochi	Volgograd
Average annual temperature, °C	1.4	14.1	7.6
January temperature (average), °C	6.4	5.8	–5.5
Duration of the growing season, days	265	248	215
Absolute minimum, °C	–8	–14	–37
Absolute maximum, °C	40	38	43
Sum of temperatures > + 10 °C	4324	4243	3200
Precipitation, mm	2418	1534	350

Годы исследований характеризовались острозасушливыми (2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) и благоприятными (2014, 2016, 2018) в гидрологическом отношении условиями. Зимний период 2019/2020 гг. был наиболее благоприятным с точки зрения перезимовки растений, в т. ч. репродуктивных органов. Температура воздуха превышала норму от +3,4 °C (декабрь 2019) до +4,5 °C (январь 2020), +4,6 °C (февраль 2020). Рекордно высокая температура

(15,8 °C) воздуха зафиксирована 27 февраля, минимальная (–20,6 °C) – 10 февраля 2020). Март 2020 г. также можно охарактеризовать как рекордно теплый – среднемесячная температура составила +5,4 °C, что на 5,3 °C выше нормы. Погода в апреле и мае установилась прохладная (фактическая температура была ниже нормы на 2,5 и 2,2 °C соответственно), что отразилось на сроках наступления фенологических фаз.

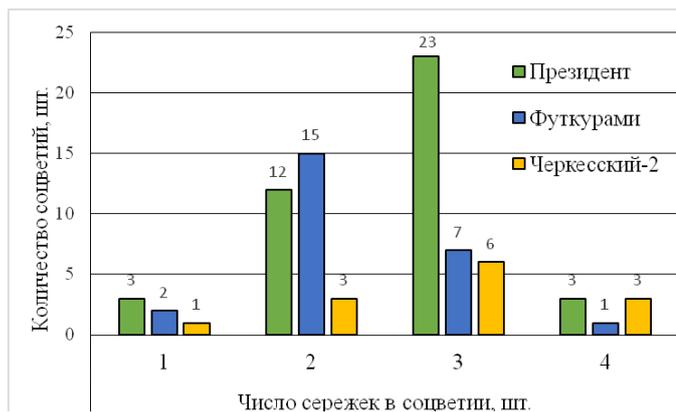


Рис. 2. Сортовые характеристики соцветий (♂) *Corylus pontica*

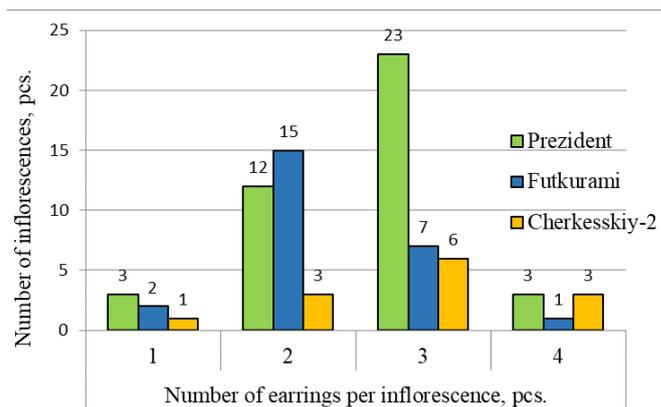


Fig. 2. Varietal characteristics of inflorescences (♂) *Corylus pontica*

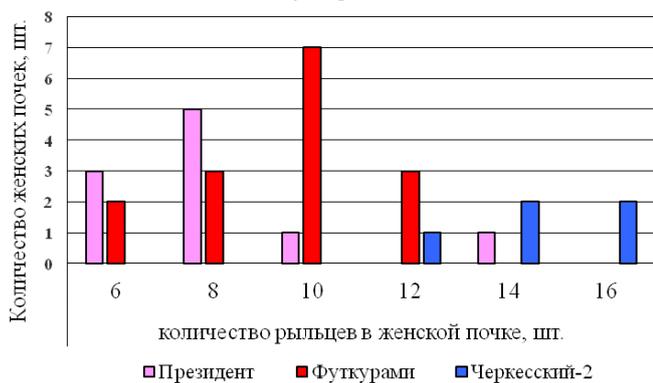


Рис. 3. Сортовые характеристики соцветий (♀) *Corylus pontica*

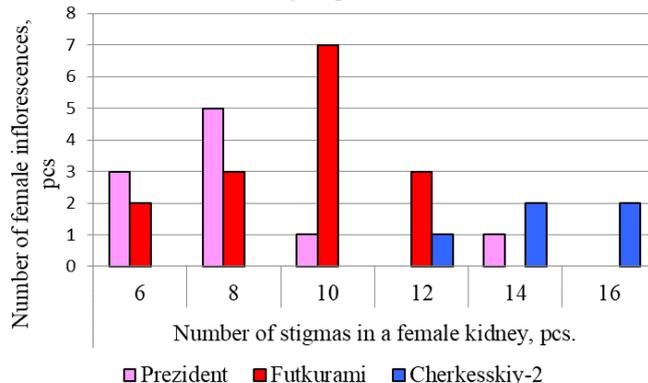


Fig. 3. Varietal characteristics of inflorescences (♀) *Corylus pontica*

Таблица 4
Показатели высоты и плодоношения *Corylus pontica*

Сорт	Волгоград		Краснодарский край	
	Высота, м (жизненная форма*)	Урожайность, кг/куст** (2020)	Высота, м (жизненная форма)	Урожайность, т/га***
Президент	3,87 (K ₁)	2,7–3,5	4,1–6,0 (K ₁)	2–2,5
Футкурами	3,29 (K ₁)	2,5–3,1	менее 6,0 (K ₁)	1,5–2,0
Черкесский-2	4,20 (K ₁)	4,1–4,8	менее 6,0 (K ₁)	1,1–1,5

Примечание. * K₁ – высокие (> 2,5 м) кустарники, ** при схеме посадки 6 × 4 м, возраст растений 20 лет, *** по данным [16].

Table 4
Indicators of height and fruiting *Corylus pontica*

Variety	Volgograd		Krasnodar region	
	Height, m (life form*)	Productivity, kg/bush** (2020)	Height, m (life form)	Productivity, tons/ha***
Prezident	3.87 (K ₁)	2.7–3.5	4.1–6.0 (K ₁)	2–2.5
Futkurami	3.29 (K ₁)	2.5–3.1	less 6.0 (K ₁)	1.5–2.0
Cherkesskiy-2	4.20 (K ₁)	4.1–4.8	less 6.0 (K ₁)	1.1–1.5

Note. * K₁ – tall (> 2.5 m) shrubs, ** with a planting pattern of 6 × 4 m, plant age 20 years, *** according to [16].

Повышение температуры воздуха до 10–12 °C и понижение влажности воздуха способствуют развитию мужских сережек (скорость удлинения и разрыхления мужских соцветий). Отмечено, что процент мужских соцветий, способных к пылению, был выше по сравнению с предыдущими годами на 15,6–28,7 % (Президент – 74,3; Футкурами – 79,2; Черкесский-2 – 90,5 %) (рис. 2).

В период цветения по количеству пучков рылец можно установить потенциальную и фактическую плодовую продуктивность и факторы, оказывающие влияние на формирование плодов. Нами установлены сортовые различия по количеству плодов в соплодии (рис. 3).

Установлен протандричный тип цветения в благоприятные годы и протогиничный – в засушливые, т. е. более раннее цветение женских соцветий. Ранний срок цветения характерен для сортов Футкурами и Президент. Продолжительность формирования плодов у видов *Corylus* составляет 4–5 месяцев.

В 2020 году все растения сорта Черкесский-2 характеризовались хорошим плодоношением (плодов около 75 %; таблица 4, рис. 4), остальные сорта уступают по стабильности плодоношения. Плодоношение удовлетворительное – около 50 % полноценных плодов.



Рис. 4. Плодоношение *Corylus pontica* (август 2020)
Fig. 4. Fruiting *Corylus pontica* (August 2020)

Таблица 5

Плодовая продуктивность интродуцированных сортовых растений

Сорт	Масса		Количество пустых орехов, %	Выход ядра, %	Масса ядра ореха (г) в 1 см ³ объема
	Плодов/куст, кг	Плода, г			
2018					
Президент	2,5	2,86 ± 0,11	1,5	47,6	0,40
Футкурами	2,0	2,31 ± 0,08	0,5	50,0	0,43
Черкесский-2	3,1	2,21 ± 0,06	–	48,5	0,49
2019					
Президент	единич.	2,74 ± 0,13	67,5	42,9	0,33
Футкурами	0,1	2,24 ± 0,09	48,3	42,0	0,38
Черкесский-2	0,2	1,57 ± 0,04	58,7	47,1	0,40

Table 5

Fruit productivity of introduced varietal plants

Variety	Weigh		Number of empty nuts, %	Kernel output, %	Walnut kernel mass (g) in 1 cm ³ of volume
	Fruit/bush, kg	Fruit, g			
2018					
Prezident	2,5	2.86 ± 0.11	1.5	47.6	0.40
Futkurami	2,0	2.31 ± 0.08	0.5	50.0	0.43
Cherkesskiy-2	3,1	2.21 ± 0.06	–	48.5	0.49
2019					
Prezident	unit	2.74 ± 0.13	67.5	42.9	0.33
Futkurami	0,1	2.24 ± 0.09	48.3	42.0	0.38
Cherkesskiy-2	0,2	1.57 ± 0.04	58.7	47.1	0.40

Количество плодов в одном соплотии варьирует от 2 до 10 (Черкесский-2, Футкурами), до 5 (Президент), снижаясь в засушливые годы. В острозасушливые годы, когда в течение мая-июля выпадает менее 25,4 мм осадков,

отмечено снижение процента завязываемости плодов, доброкачественности семян, выполненности ядра.

При обилии света, тепла формирование более крупных плодов наблюдалось при отсутствии дефицита влаги или дополнительном орошении (таблица 5).

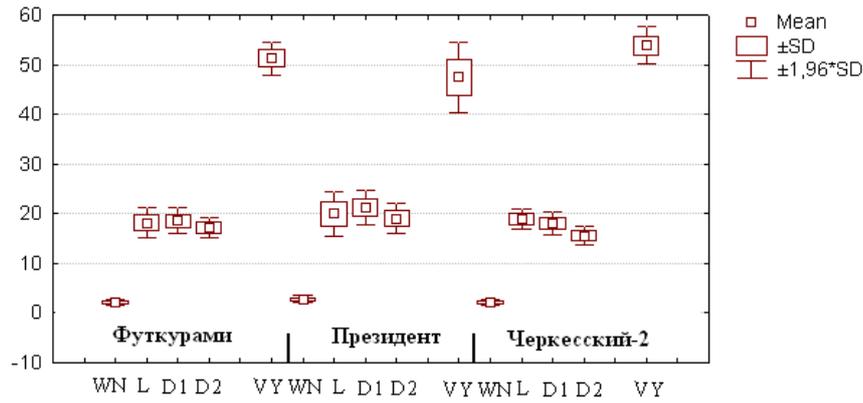


Рис. 5. Варьирование морфологических показателей плодов *Corylus L.* по абсолютным величинам: WN – вес плода, г; L – длина, мм; D1 – диаметр (мм) по бокам; D2 – диаметр (мм) по шву; VY – выход ядра, %

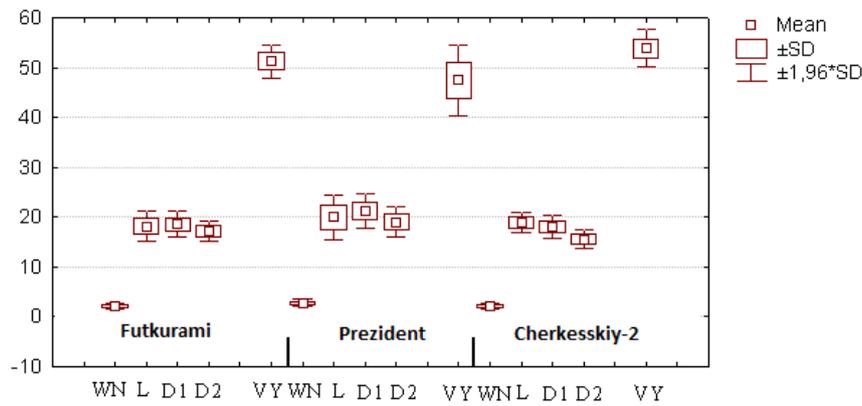


Fig. 5. Variations in morphological parameters of *Corylus L.* fruits by absolute values: WN – fruit weight, g; L – length, mm; D1 – diameter (mm) on the sides; D2 – diameter (mm) along the seam; VY – Kernel output, %

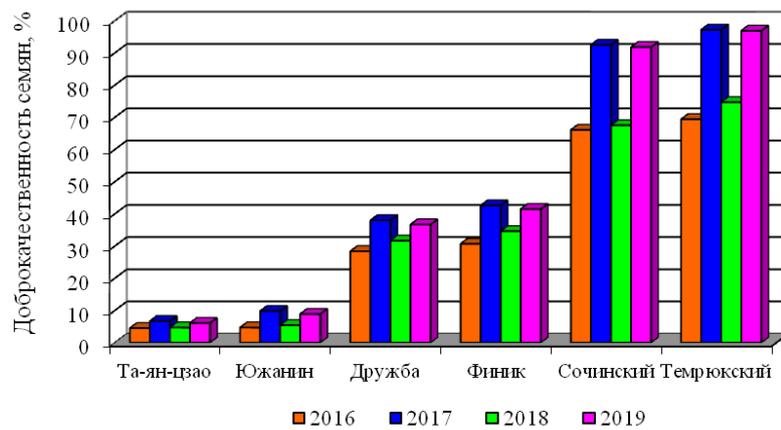


Рис. 6. Процент доброкачественных семян *Zizyphus jujuba* (светло-каштановые почвы)

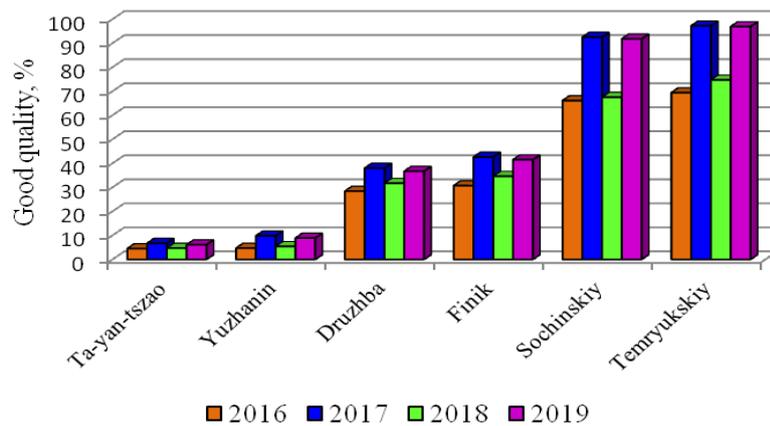


Fig. 6. Percentage of benign *Zizyphus jujuba* seeds (light chestnut soils)

На примере изученных образцов *C. pontica* С. Koch установлено, что, несмотря на варьирование урожайности в годы исследований, отмечена стабильность морфологических показателей плодов (рис. 5).

Установлена степень разброса параметров по эколого-физиологическим (водный дефицит от 16 до 35 %, ОВЭ – от 1,6 до 2,8), таксационным и репродуктивным показателям, а также статистически значимые различия между ними. С целью получения орехов при создании искусственных насаждений необходимо использовать сорта Черкесский-2 и Президент.

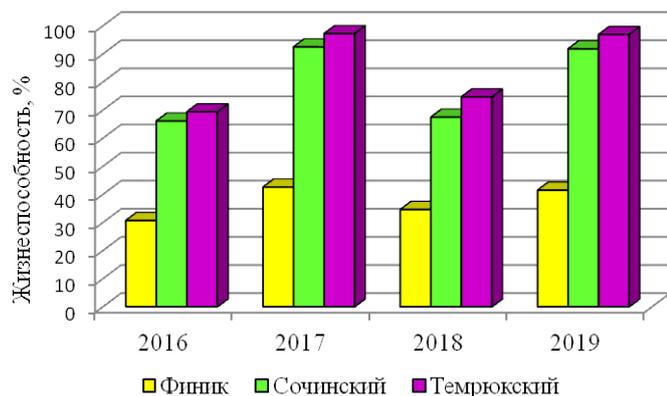


Рис. 7. Качество семян (%) унаби (каштановые почвы)

Данные по доброкачественности семян *Zizyphus jujuba* определялись в период исследований (рис. 6, 7).

Показатель доброкачественности мелкоплодных сортов растений *Z. jujuba* на каштановых почвах варьировался от 66,1 до 97,2 %, у среднеплодных сортов он был невысоким (28,4–42,6 %), а самый низкий (4,5–9,8 %) отмечен крупноплодных сортов Та-ян-цзао, Южанин. Первое плодоношение *Z. jujuba* отмечено в возрасте 1–2 лет (таблица 6).

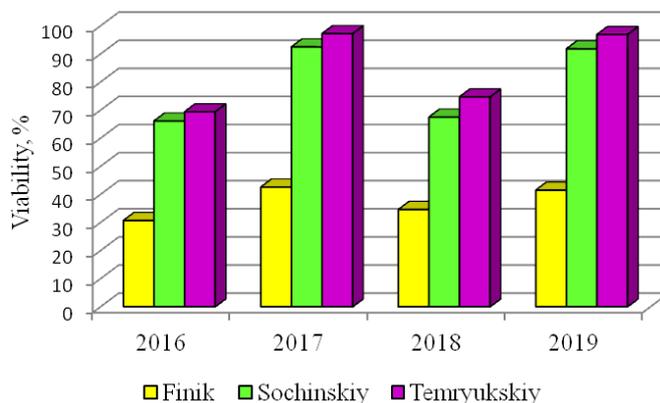


Fig. 7. Seed quality (%) unabi (chestnut soils)

Таблица 6
Показатели *Zizyphus jujuba* по плодоношению
(в возрасте 12 лет)

Характеристики	Та-ян-цзао		Финик	
	$\frac{\min-\max}{X_{\text{сред.}} \pm s}$	Коэффициент вариации, %	$\frac{\min-\max}{X_{\text{сред.}} \pm s}$	Коэффициент вариации, %
Масса: общая, кг	6,95–8,25	–	5,70–8,91	–
1 плода, г	$\frac{13,00-16,90}{14,75 \pm 0,43}$	9	$\frac{6,10-10,8}{8,45 \pm 0,27}$	10
Процент мякоти	88–91	–	89–96	–
Величина плода, см:				
ширина	$\frac{2,65-3,19}{2,82 \pm 0,07}$	6	$\frac{3,15-3,99}{3,67 \pm 0,08}$	8
длина	$\frac{3,65-3,97}{3,73 \pm 0,04}$	11	$\frac{0,72-0,86}{0,75 \pm 0,03}$	12
Величина семени, см:				
ширина	$\frac{0,85-1,31}{1,04 \pm 0,04}$	12	$\frac{1,85-2,60}{2,21 \pm 0,09}$	13
длина	$\frac{2,61-2,84}{2,68 \pm 0,10}$			

Table 6
Indicators of *Zizyphus jujuba* for fruiting
(at the age of 12 years)

Specifications	Ta-yang-tszao		Finik	
	$\frac{\min-\max}{X_{\text{average}} \pm s}$	The coefficient of variation, %	$\frac{\min-\max}{X_{\text{average}} \pm s}$	The coefficient of variation, %
Weight: total, kg	6.95–8.25	–	5.70–8.91	–
1 fruit, g	$\frac{13.00-16.90}{14.75 \pm 0.43}$	9	$\frac{6.10-10.8}{8.45 \pm 0.27}$	10
Percentage of pulp	88–91	–	89–96	–
Fruit size, cm:				
width	$\frac{2.65-3.19}{2.82 \pm 0.07}$	6	$\frac{3.15-3.99}{3.67 \pm 0.08}$	8
length	$\frac{3.65-3.97}{3.73 \pm 0.04}$	11	$\frac{0.72-0.86}{0.75 \pm 0.03}$	12
Seed size, cm:				
width	$\frac{0.85-1.31}{1.04 \pm 0.04}$	12	$\frac{1.85-2.60}{2.21 \pm 0.09}$	13
length	$\frac{2.61-2.84}{2.68 \pm 0.10}$			

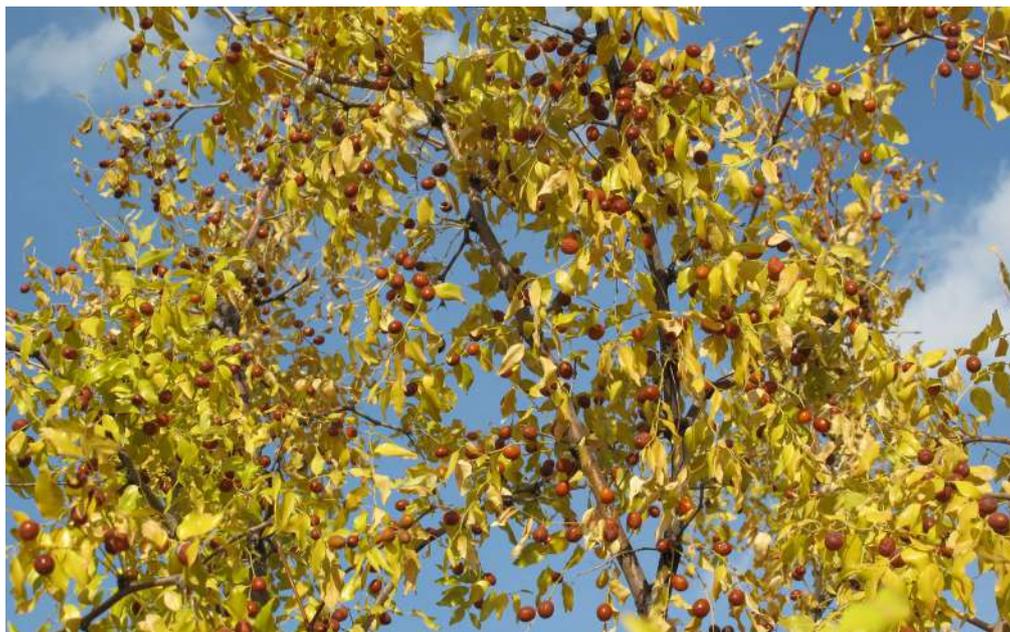


Рис. 8. Плодоношение мелкоплодных сортов *Z. jujuba* (октябрь 2020)
Fig. 8. Fruiting small-fruited varieties *Z. jujuba* (October 2020)



Рис. 9. Кластерный анализ *Zizyphus jujuba* по комплексу показателей (толерантности к стресс-факторам и характеристикам цветения, плодоношения и семенной продуктивности)

ВД – водный дефицит (%) листьев; ВЭ – выход электролитов (относительный); H – высота ствола, м; D – диаметр ствола, см; DK – диаметр кроны, м; П – прирост побегов, см; Ц – число цветов (соцветий) на пог. м; ЧП – число плодов (соплодий) на пог. м; У – масса семян (плодов)/растение, г; Д – доброкачественность семян, %; ФК – форма кроны; ОЛ – окраска листьев во время вегетации; ПЦ – продолжительность цветения; ОЦ – окраска цветов, ОП – окраска плодов, OOL – окраска листьев осенью

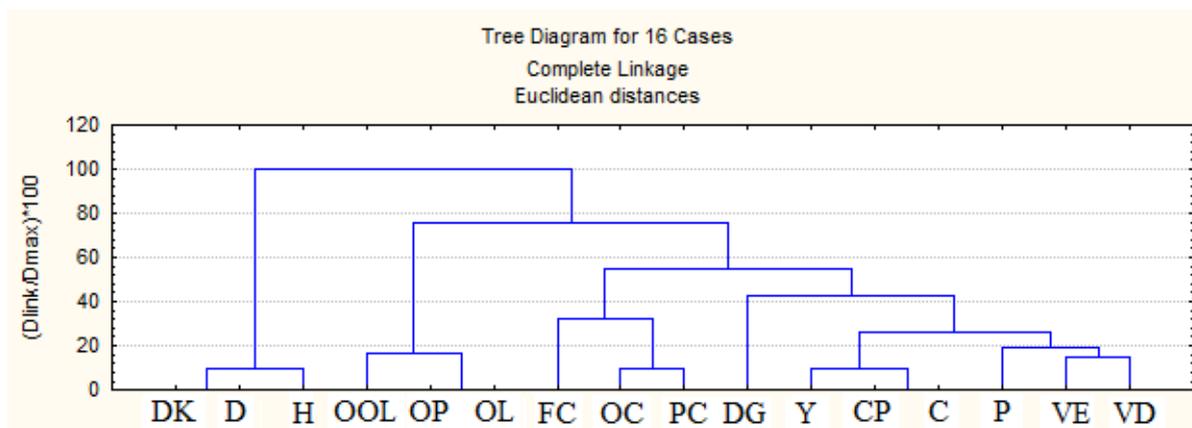


Fig. 9. Cluster analysis of *Zizyphus jujuba* by a set of indicators (tolerance to stress factors and characteristics of flowering, fruiting and seed productivity)

VD – water deficit (%) of leaves; VE – electrolyte yield (relative); H – trunk height, m; D – trunk diameter, cm; DK – crown diameter, m; P – shoot growth, cm; C – number of flowers (inflorescences) per running meter; CP – number of fruits (seedlings) per running meter; Y – mass of seeds (fruits)/plant, g; DG – good quality of seeds, %; FC – crown shape; OL – color of foliage during the growing season; PC – flowering duration, OC – flower color; OP – fruit color; OOL – leaf color in autumn

В нижнем и среднем ярусах формируется основная масса плодов кустарников. С увеличением урожая плоды мельчают.

Условиями высокой продуктивности являются:

- $\Sigma t (> +10\text{ }^{\circ}\text{C})$ от 2200 до 2500 $^{\circ}\text{C}$ (от цветения до созревания плодов);
- продолжительность вегетационного периода (не менее 200 дней);
- среднесуточные температуры $t_{\text{сред.}}$ 22–24 $^{\circ}\text{C}$ в период цветения/опыления;
- отсутствие заморозков в первой половине октября (рис. 8).

По результатам оценки характеристик цветения, плодоношения и семенной продуктивности на каштановых почвах в режиме «генотип – среда» мелкоплодные сорта *Z. jujuba* отнесены к экологически пластичным растениям. Это подтверждается диаграммой кластерного анализа (рис. 9).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведен анализ климатических и погодных условий в пределах искусственного и естественного ареалов мелкоплодных сортов *Z. jujuba*. Анализ опыта интродукции изучаемых родов *Zizyphus* и *Corylus* L. в России и за рубежом позволил установить пределы толерантности видов, сортов и лимитирующие факторы их произрастания (ко-

личество осадков, температура). На основе генеративной способности в режиме исследований «генотип – среда» определена северная линия культивирования *Z. jujuba* (50°4′–50°5′ с. ш. и 45°22′–45°23′ в. д.).

По параметрам цветения и плодоношения выделены перспективные сорта субтропических и орехоплодных кустарников. Получены сортовые характеристики соцветий *Corylus pontica* за многолетний период исследований. Выделены растения сорта Черкесский-2, которые характеризовались хорошим плодоношением (полноценных плодов около 75 %). Остальные сорта уступают по стабильности плодоношения – около 50 % полноценных плодов. В условиях каштановых почв установлены сортовые различия доброкачественности семян *Z. jujuba*: у мелкоплодных растений она варьировала от 66,1 до 97,2 %. Низкие показатели доброкачественности установлены у крупноплодных сортов – 4,5–9,8 %.

Выделены перспективные сорта (Сочинский, Темрюкский, Черкесский-2, Дружба, Президент, Финик) с учетом результатов кластерного анализа и степени разброса параметров эколого-физиологических, таксационных и репродуктивных показателей.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены по теме Государственного задания № 0713-2019-0004 ФНЦ агроэкологии РАН.

Библиографический список

1. Семенютина В. А. Эколого-биологические основы интродукции *Zizyphus jujuba* Mill. и перспективы многоцелевого применения: монография. Москва National Research, 2020. 168 с. DOI: 10.25726/worldjournals.pro/NR.9781952243202.
2. Huzhahmetova A. Sh., Semenyutina A. V., Semenyutina V. A. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2020. Vol. 9. No. 4. Pp. 6232–6237. DOI: 10.30534/ijatcse/2020/302942020.
3. Semenyutina A. V., Podkovyrova G. V., Khuzhahmetova A. Sh., Svintsov I. P., Semenyutina V. A., Podkovyrov I. Yu. Engineering implementation of landscaping of low-forest regions // International journal of mechanical engineering and technology. 2018. Vol. 9. Iss. 10. Pp. 1415–1422.
4. Melikhov V. V., Novikov A. A., Medvedeva L. N., Komarova O. P. Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy // Contributions to Economics. 2017. № 9783319454610. Pp. 365–382. DOI: 10.1007/978-3-319-45462-7_37.
5. Dolgih A. A. Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation // World Ecology Journal. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 29–42. DOI: 10.25726/NM.2018.1.1.003.
6. Larionov M. V., Larionov N. V., Siraeva I. S., Ermolenko A. S. The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Kholer // IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 115. Pp. 1–7. DOI: 10.1088/1755-1315/115/1/012009.
7. Семенютина А. В., Терешкин А. В. Защитные лесные насаждения: анализ видового состава и научные основы повышения биоразнообразия дендрофлоры // Успехи современного естествознания. 2016. № 4. С. 99–104.
8. Kebbas S., Benseddik T., Makhouloufi H., Aid F. Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions // Not Bot Horti Agrobo. 2018. Vol. 46 (2). Pp. 585–592. DOI: 10.15835/nbha46211064.
9. Volk G., Samarina L., Kulyan R., Gorshkov V., Malyarovskaya V., Ryndin A., Polek M. L., Krueger R., Stover E. Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia // Genetic Resources and Crop Evolution. 2018. No. 65 (2). Pp. 433–447. DOI: 10.1007/s10722-017-0543-z.
10. Miao Y., Chen A., Liu M., Wang T., Zhao X., Song Z., ... Liu Y. The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus // Chinese Journal of Applied and Environmental Biology. 2017. No. 23 (5). 785–791. DOI: 10.3724/SP.J.1145.2016.11020.
11. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 334 с.
12. Методология подбора адаптированного генофонда древесных растений для агролесоводства / А. В. Семенютина [и др.]. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2019. 139 с.

13. Семенютина А. В., Свинцов И. П., Хужахметова А. Ш., Семенютина В. А. Научные основы семеноведения генофонда деревьев и кустарников в засушливых условиях // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 1-2. С. 40–52.
14. Segrestin J., Navas M.-L., Garnier E. Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean // *New Phytologist*. 2020. No. 225 (2). Pp. 740–753. DOI: 10.1111/nph.16165.
15. Постников Д. А., Артемьева З. С., Васенев И. И. [и др.]. Экология. Москва: Изд-во Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. 151 с.
16. Карачанский А. Т., Чепурной В. С., Махно В. Г. Совершенствование сортимента для промышленного фундуководства на юге России // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017. № 47 (5). С. 68–79.

Об авторах:

Алия Шамильевна Хужахметова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7345-2740, AuthorID 787972; +7 904 400-30-81, vnialmi@yandex.ru

Виктория Алексеевна Семенютина¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0001-5127-8844, AuthorID 756328; +7 (8442) 46-76-16, VSem89@mail.ru

¹ Федеральний научний центр агроекології, комплексних меліорацій і захитного лесорозведення Російської академії наук, Волгоград, Росія

Estimation of the parameters of fruiting of subtropical and nut crops in the “genotype – environment” mode

A. Sh. Khuzhakhmetova^{1✉}, V. A. Semenyutina¹

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

✉E-mail: vnialmi@yandex.ru

Abstract. Purpose is to assess the parameters of fruiting introduced subtropical and nut crops in the “genotype-environment” mode to substantiate the expansion of the cultivation areas of economically important plants with the enrichment of dendroflora and the formation of multipurpose plantings in the Volgograd region. The objects of research are species and varieties of various arealogical origin and grow in the conditions of chestnut soils (cadastral numbers of sites 34:36:0000:14:0178; 34:34:000000:122; 34:34:060061:10). **Methods.** The limits of tolerance of species, varieties and limiting factors of their growth were carried out on the basis of an analysis of the experience of introduction of the studied genera *Zizyphus* and *Corylus* in Russia and abroad. An active experiment was applied to identify winter and drought resistance by the nature of flowering. The assessment of the influence of the state of the environment on the stability of fruiting of the varietal diversity of subtropical (*Zizyphus*) and nut crops (*Corylus*) was carried out by the method of cluster analysis. **Results and scope.** Within the limits of artificial and natural habitats, the following are determined: ecological plasticity and reproductive ability of shrubs, taking into account climatic conditions. During the study period, severely arid (2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) and hydrologically favorable (2014, 2016, 2018) conditions for the growth and development of introduced shrubs were identified. The stability of morphological parameters of *Corylus* L. fruits by absolute values was established. In favorable years, the plants of Cherkesskiy-2 were characterized by good fruiting (full-value fruits about 75 %), other varieties are inferior in terms of fruiting stability. Fruiting is satisfactory (about 50 % of full fruit). It has been established that small-fruited plant varieties *Z. jujuba* on chestnut soils have a good quality index from 66.1 to 97.2 %. Medium fruit varieties had a low (28.4–42.6 %) indicator of good quality. The lowest (4.5–9.8%) indicator of good quality was observed in Ta-yang-tszao, Yuzhanin (large-fruited). The data obtained on the characteristics of the fruiting of shrubs *Z. jujuba*, *C. pontica* make it possible to substantiate stress-resistant varieties as components of multipurpose artificial plantations on degraded lands. **Scientific novelty:** A cluster analysis of the assessment and forecast of the parameters of fruiting for the targeted selection of promising economically important plants based on their ecological plasticity in arid conditions is proposed.

Keywords: parameters of fruiting, ecological plasticity, varieties, “genotype – environment”, enrichment of dendroflora.

For citation: Khuzhakhmetova A. Sh., Semenyutina V. A. Otsenka parametrov plodonosheniya subtropicheskikh i orekhoplodnykh kul'tur v rezhime “genotip – sreda” [Estimation of the parameters of fruiting of subtropical and nut crops in the “genotype – environment” mode] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 04 (207). Pp. 43–54. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-43-54. (In Russian.)

Paper submitted: 21.12.2020.

References

1. Semenyutina V. A. *Ekologo-biologicheskie osnovy introduktsii Zizyphus jujuba Mill. i perspektivy mnogotselevogo primeniya* [Ecological and biological bases of introduction of *Zizyphus jujuba* Mill. and prospects for multipurpose use]. Moscow: National Research, 2020. 168 p. DOI: 10.25726/worldjournals.pro/NR.9781952243202. (In Russian.)
2. Huzhahmetova A. Sh., Semenyutina A. V., Semenyutina V. A. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry // *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. Vol. 9. No. 4. Pp. 6232–6237. DOI: 10.30534/ijatse/2020/302942020.
3. Semenyutina A. V., Podkovyrova G. V., Khuzhahmetova A. Sh., Svintsov I. P., Semenyutina V. A., Podkovyrov I. Yu. Engineering implementation of landscaping of low-forest regions // *International journal of mechanical engineering and technology*. 2018. Vol. 9. Iss. 10. Pp. 1415–1422.
4. Melikhov V. V., Novikov A. A., Medvedeva L. N., Komarova O. P. Green technologies: The basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy // *Contributions to Economics*. 2017. № 9783319454610. Pp. 365–382. DOI: 10.1007/978-3-319-45462-7_37.
5. Dolgih A. A. Monitoring of introduction resources of the Kulunda arboretum and allocation of valuable gene pool for protective afforestation // *World Ecology Journal*. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 29–42. DOI: 10.25726/NM.2018.1.1.003.
6. Larionov M. V., Larionov N. V., Siraeva I. S., Ermolenko A. S. The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Kholov // *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 115. Pp. 1–7. DOI: 10.1088/1755-1315/115/1/012009.
7. Semenyutina A. V., Tereshkin A. V. Zashchitnye lesnye nasazhdeniya: analiz vidovogo sostava i nauchnye osnovy povysheniya bioraznobraziya dendroflory [Protective forest plantations: analysis of the species composition and scientific basis for increasing the biodiversity of dendroflora] // *Advances in current natural sciences*. 2016. No. 4. Pp. 99–104. (in Russian.)
8. Kebbas S., Benseddik T., Makhloufi H., Aid F. Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions // *Not Bot Horti Agrobo*. 2018. Vol. 46 (2). Pp. 585–592. DOI: 10.15835/nbha46211064.
9. Volk G., Samarina L., Kulyan R., Gorshkov V., Malyarovskaya V., Ryndin A., Polek M. L., Krueger R., Stover E. Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia // *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2018. No. 65 (2). Pp. 433–447. DOI: 10.1007/s10722-017-0543-z.
10. Miao Y., Chen A., Liu M., Wang T., Zhao X., Song Z., ... Liu Y. The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus // *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*. 2017. No. 23 (5). 785–791. DOI: 10.3724/SP.J.1145.2016.11020.
11. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasiliev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoy oblasti [Weather and climate of the Volgograd region]. Volgograd: FNTs agroekologii RAN, 2017. 334 p. (In Russian.)
12. Metodologiya podbora adaptirovannogo genofonda drevesnykh rasteniy dlya agrolesovodstva [Methodology for selecting of gene fund of woody species for agroforestry] / A. V. Semenyutina, et al. Volgograd: FNTs agroekologii RAN, 2019. 139 p. (In Russian.)
13. Semenyutina A. V., Svintsov I. P., Khuzhahmetova A. Sh., Semenyutina V. A. Nauchnye osnovy semenovedeniya genofonda derev'ev i kustarnikov v zasushlivykh usloviyakh [Scientific foundations of seed science of the gene pool of trees and shrubs in arid conditions] // *Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and technical sciences*. 2015. No. 1-2. Pp. 40–52. (In Russian.)
14. Segrestin J., Navas M.-L., Garnier E. Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean // *New Phytologist*. 2020. No. 225 (2). Pp. 740–753. DOI: 10.1111/nph.16165.
15. Postnikov D. A., Artemyeva Z. S., Vasenev I. I. et al. *Ekologiya* [Ecology]. Moscow: Izd-vo Rossiyskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – MSKhA im. K. A. Timiryazeva. 2016. 151 p. (In Russian.)
16. Karachanskiy A. T., Chepurnoy V. S., Makhno V. G. Sovershenstvovanie sortimenta dlya promyshlennogo fundukovodstva na yuge Rossii [Improving assortment for industrial hazelnut growing in the south of Russia] // *Fruit and viticulture of the South of Russia*. 2017. No. 47 (5). Pp. 68–79. (In Russian.)

Authors' information:

Aliya Sh. Khuzhahmetova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-7345-2740, AuthorID 787972; +7 904 400-30-81, vnialmi@yandex.ru

Viktoriya A. Semenyutina¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0001-5127-8844, AuthorID 756328; +7 (8442) 46-76-16, VSem89@mail.ru

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

Оценка влияния сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в звене полевого севооборота

В. А. Чулков¹✉, Т. Л. Чапалда¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: ares_68@mail.ru

Аннотация. Цель – исследование влияния различных сидератов на биологические свойства и урожайность ярового ячменя. **Методы.** Опыт проводили на черноземе оподзоленном в 2017–2018 гг. в лесостепной зоне Среднего Урала. Учет зеленой массы сидератов проводили вручную, а зерна ячменя – комбайном. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, микробиологическую активность почвы – методом льяных полотен. Количество и массу дождевых червей устанавливали с учетной площади. **Научная новизна.** Впервые на черноземе оподзоленном сравнивалось влияние различных сидератов на урожайность ярового ячменя и микробиологическую активность почвы, количество и массу дождевых червей. **Результаты.** Изучено воздействие различных сидератов (горох + овес, озимая рожь, яровой рапс, горчица белая, кормовые бобы) на микробиологическую активность почвы, количество дождевых червей и урожайность ярового ячменя в звене полевого севооборота (сидеральный пар – яровой ячмень). Наибольшая зеленая масса сидератов была запахана в следующих вариантах: кормовые бобы (41,2 т/га) и горох + овес (36,4 т/га). При заделке кормовых бобов наблюдалась наиболее высокая микробиологическая активность почвы (71 %). Количество дождевых червей в варианте с горчицей оказалось на 24 % больше по сравнению с контролем. Однако масса переработанной ими почвы в варианте «горох + овес» (138 г/м²) была максимальной и превышала массу в других вариантах на 11–27 г/м². Самая большая урожайность ячменя была получена также в варианте с заделкой кормовых бобов – 2,87 т/га, что на 0,26–0,69 т/га превысило остальные. Повышение микробиологической активности почвы в варианте с заделкой кормовых бобов повысило урожайность ячменя. Увеличение запаханной зеленой массы в вариантах не отразилось на повышении количества и массы дождевых червей.

Ключевые слова: плодородие почвы, сидераты, микробиологическая активность почвы, дождевые черви, урожайность ярового ячменя.

Для цитирования: Чулков В. А., Чапалда Т. Л. Оценка влияния сидератов на биологические свойства чернозема оподзоленного в звене полевого севооборота // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 55–63. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-55-63.

Дата поступления статьи: 21.12.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Доля экспортируемого зерна в России с 2020 по 2024 гг. должна возрасти с 7,9 до 11,9 млрд долларов США [1, с. 2]. [2, с. 1]. Отчуждение питательных веществ из почвы будет увеличиваться, и без мер сохранения плодородия продолжится ее стремительное истощение. В Центрально-Черноземной зоне России содержанием гумуса с 10–13 % снизилось до 4–7 % со снижением поступления органики [3, с. 4]. «... чернозем ... для России дороже всякой нефти, всякого каменного угля, дороже золотых и железных руд; в нем – вековечное, неистощимое – русское богатство» [4, с. 19].

Устойчивое функционирование агроэкосистем во многом обусловлено характером управления. В севооборотах включают промежуточные культуры и сидераты, которые улучшают фитосанитарное состояние посевов возделываемых культур. Заделка их в почву замыкает малый биологический круговорот веществ, увеличивает содержание гумуса, улучшает его состав, структуру почвы. В севооборотах с применением приемов биологизации прирост гумуса составил 1,7–2,6 т/га, в то время как на контроле

отмечалось уменьшение его содержания на 0,15 %. Урожайность озимой пшеницы по сидеральному пару была на 0,58 т/га выше, чем по чистому пару [5, с. 1513].

Получение сельскохозяйственной продукции в России в настоящее время осуществляется в основном за счет естественного плодородия почв. При этом почвы не только обедняются доступными формами элементов питания, но и страдают от дегумификации. Потеря гумуса сказывается на устойчивости почв к эрозионным процессам, различным видам загрязнений, на распространении патогенной микрофлоры и ведет к уменьшению биологического разнообразия. [6, с. 114]

На территории муниципальных образований Тульской области по гумусу в четырех районах (Алексинском, Беллевском, Дубенском, Суворовском) деградация гумуса оказалась на высоком уровне, в остальных районах Тульской области и для всей территории Белгородской области деградация по гумусу очень слабо выражена или вовсе отсутствует. Положительные эффекты червей были обусловлены их стимулирующим влиянием на минерализацию соединений азота, интенсивность которой варьировала в за-

висимости от состава растительных остатков [7, с. 1172].

Экологическая роль сидератов важна, поскольку опыты показали, что внесение моноаммонийфосфата приводит к мобилизации сорбированного почвой глифосата. Наиболее ярко этот эффект проявился на серой лесной почве, где концентрация гербицида в присутствии удобрения была в 3,6 раза выше, чем при его отсутствии [8, с. 730].

Полная запашка парозанимающих культур на сидерат осуществляется на бедных почвах или на отдаленных участках, куда вывоз органических удобрений ограничен из-за высоких транспортных расходов. Сидеральные пары способствовали сокращению денежных затрат на 30–50 % по сравнению с навозной системой удобрения в паровом поле, а по сбору кормовых единиц гороховый сидеральный пар (25,0 корм. ед/га) не уступал 40 т/га навоза (25,4 корм. ед/га) [9, с. 101–103].

Снижение содержания гумуса в почве приводит к изменению его агрофизических показателей, а также химических свойств черноземов и падению плодородия. Комплексное изучение биологических приемов повышения плодородия почвы позволяет выделить следующие приемы: севообороты, внесение соломы, использование сидерации, многолетних трав [10, с. 46].

Обобщение многолетних исследований ученых Германии также показало, что для достижения бездефицитного баланса гумуса в почве необходимо запахивать при возделывании зерновых культур 38 т/га зеленой массы, а при возделывании пропашных – 75–100 т/га [11, с. 365].

Наибольшее количество органических остатков поставляют в почву многолетние травы – 10,8 т/га, озимая рожь – 10,8, кукуруза на зерно – 0,8, гречиха – 7,0, донник – 6,8 т/га. Последствие приемов биологизации проявлялось и в посевах. При размещении озимой пшеницы по донниковому и люцерновому пару темпы разложения льняного полотна были соответственно в 2,8 и 3,2 раза выше, чем в посевах по чистому пару [12, с. 68].

Максимальная урожайность в опыте отмечена при возделывании сои в севообороте после кукурузы (2,52 т/га), минимальная (1,14 т/га) – в монокультуре. Общая численность микроорганизмов в течение вегетации варьировала от 7,3 до 38,4 млн КОЕ на 1 г почвы. Под монокультурой сои выявлено увеличение численности аммонифицирующей и иммобилизирующей микрофлоры, которая имела отрицательную корреляцию с урожайностью культуры. [13, с. 11], [14, с. 11–14].

Численность и биомасса бактерий почвы – индикатор ее «благоприятности» и экологического состояния. Корневая система ячменя является источником питательных веществ для бактерий только в начальной фазе его развития (прорастание). Затем растение «вынуждено» поддерживать низкую численность микробов (конкуренты за питательные вещества) и снижать возможность их проникновения в новые участки корней [15, с. 1503].

При размещении озимой пшеницы по донниковому и люцерновому пару темпы разложения льняного полотна были соответственно в 2,8 и 3,2 раза выше, чем в посевах по чистому пару [16, с. 9].

В лесных сообществах численность люмбрицид варьирует от 24 до 150 экз. на м². В редколесьях и субаль-

пийских лугах показатели численности и биомассы ниже, чем в лесном поясе. Наибольшая численность и биомасса червей отмечена на пастбище КРС в долине р. Малой [17, с. 456].

С использованием дождевых червей удельная площадь листьев ячменя была выше, чем без их присутствия. Это подтверждает, что дождевые черви и экстременты насекомых оказывают синергетическое влияние на плодородие почвы [18, с. 783].

В условиях Курской области на типичном черноземе в зернопропашном звене заделка растительных остатков подсолнечника с азотным удобрением увеличивала урожайность ячменя на 0,52 т/га, с биопрепаратами (Грибофит и Имуназот) – на 0,42 т/га, по отношению к контролю (2,33 т/га) [19, с. 33].

Методология и методы исследования (Methods)

Полевой опыт проводился в 2017–2018 гг. в учхозе Уральского государственного аграрного университета, на опытном поле кафедры растениеводства и селекции. Изучение влияния сидератов на биологические свойства и урожайность зерновых культур проводили на оподзоленном черноземе в звене полевого севооборота: сидеральный пар – яровой ячмень. В сидеральном пару высевались горох + овес, озимая рожь, яровой рапс, горчица белая, кормовые бобы. Сидераты выращивались по общепринятым технологиям. Опыт проводили в трехкратной повторности методом систематического размещения вариантов. Минеральные удобрения под посев сидератов не вносились. Контрольным вариантом являлся «горох + овес».

Посев культур, используемых в качестве сидератов, проводился в первой половине мая 2017 г. Учет зеленой массы сидератов проводили по учетным площадкам на 10 м². Заделка в почву зеленой массы сидератов осуществлялась в период цветения бобовых, крестоцветных культур и в период колошения мятликовых. Технология возделывания ячменя в 2018 г. была общепринятая для данного региона. Микробиологическую активность почвы в посевах ячменя определяли в 2018 г. спустя 45 дней после закладки льняных полотен. Учет дождевых червей проводили в 2018 г. по учетным площадкам 0,5 × 0,5 м на глубину 0,3 м. Учет урожая ячменя проводили прямым комбайнированием. Почва – чернозем оподзоленный, тяжелосуглинистый, содержание гумуса – 5 %, рН – 6,0.

Метеорологические условия по данным АГМС «Исток» (г. Екатеринбург) в годы проведения опытов были следующими: гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 1,2 до 1,4; сумма активных температур в 2017 г. – 1695 °С, в 2018 г. – 1720 °С; сумма осадков за период с апреля по сентябрь (включительно) составила в 2017 г. 443 мм, в 2018 г. – 487 мм (среднепогодное – 350 мм).

Результаты (Results)

Большинство отдаленных полей не получают органических удобрений, что ведет к снижению плодородия почвы. Снизить истощение почвы помогут сидераты. В качестве сидератов эффективно используются бобовые культуры (однолетний люпин, клевер, донник и т. д.), которые обогащают почву азотом. Использование в качестве сидератов рапса, сурепицы, горчицы и т. д., которые обеспечивают прирост надземной массы за 40–50 дней, также эф-

фактивно. В условиях Среднего Урала можно применять яровую вику, райграс однолетний, злаково-бобовые смеси. При использовании минеральных удобрений возможно получение зеленой массы сидератов на уровне 15–22 т при самостоятельном посеве. Данное количество содержит 110–200 кг азота (при посеве бобовых). В зеленой массе сидератов содержится такое же количество азота, фосфора и калия, как и в навозе.

В слое почвы 0–10 см микробиологическая активность по вариантам была выше, чем в нижних горизонтах, и колебалась от 22 до 34 %, в слое 10–20 см – 15–23 %, 20–30 см – 12–15 % (таблица 1). Диапазон вариации показателей снижался от верхнего до нижнего слоя почвы.

В слое 0–10 см отмечена максимальная активность воздействия микроорганизмов на варианте с заделкой кормовых бобов (34 %), а наименьшая – с озимой рожью (22 %). В слое 10–20 см тенденция сохранялась. В слое 20–30 см различия по вариантам были незначительные.

В слое 0–30 см более активно микроорганизмы проявили себя на варианте с кормовыми бобами (23,7 %), где превышение микробиологической активности почвы в сравнении с контролем составило + 7,7 %. Варианты с рапсом, озимой рожью и горчицей уступали контролю на 12, 20 и 17 % соответственно.

На микробиологическую активность прямое влияние оказывает влажность почвы. Определение влажности почвы в посевах ячменя проводили в фазу выхода в трубку (таблица 2).

При анализе влажности почвы было установлено: в верхнем слое 0–10 см существенное превышение наблюдалось в варианте с рапсом (1,86 %), а варианты с озимой рожью и горчицей существенно уступали контролю (–2,69 и –1,61 % соответственно); в слое 10–20 см существенное превышение оказалось на всех вариантах; в слое 20–30 см достоверных отклонений не отмечено. В целом в слое почвы 0–30 см наибольшая влажность оказалась по запашки рапса (34,28 %), что на 2,29–4,09 % превышала остальные варианты.

На результатах наблюдений за дождевыми червями сказывалось то обстоятельство, что подсчет их численности по вариантам опыта может носить весьма субъективный характер, поскольку они в течение суток могут перемещаться по горизонтам почвы. Учет их количества по вариантам проводился на территории учетной площадки 0,5 × 0,5 м, глубина исследования – 0,3 м в трехкратной повторности. При подсчете наибольшее количество дождевых червей оказалось на варианте с заделкой горчицы (48 шт/м²), что не существенно превосходило контроль на 2 шт/м², при НСР₀₅ = 6,32 шт/м². В варианте с яровым рапсом, озимой рожью, кормовыми бобами количество дождевых червей оказалось существенно меньше чем в контрольном варианте с горохо-овсяной смесью на 15,0; 19,0; и 15 шт/м² соответственно.

При анализе последствий сидератов установлена наибольшая масса дождевых червей в варианте с горчицей (37 г/м²), что существенно превосходило контроль на 5,0 г/м². На остальных вариантах масса их оказалась достоверно ниже НСР₀₅ = 3,55 г/м².

Очень интересным показателем является масса одного червя. Имеются сведения, что за сутки дождевой червь пропускает массу почвенного грунта, равную его собственному весу. Следовательно, можно теоретически рассчитать, какое количество почвы по вариантам оказалось переработано ими и оставлено на поле в виде ценных копролитов. Результаты опыта показали, что средняя масса одного червя оказалась самой высокой на варианте с запашкой горчицей (0,77 г) и яровым рапсом (0,77 г). Зная количество и массу червей, был подсчитан объем почвы переработанный дождевыми червями за активный период их деятельности (200 дней). При относительно высокой массе (37 г/м²) и высокому количеству (48,0 шт/м²) дождевых червей на варианте «горчица» количество переработанной почвы оказалось наибольшим – 154 г/м², что выше остальных вариантов на 20–32 г/м².

Таблица 1
Влияние сидератов на микробиологическую активность почвы по слоям почвы с фиксацией льняного полотна в 45 дней в 2018 г., %

Варианты	Микробиологическая активность почвы по слоям почвы, %			
	0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–30 см
1. Горох + овес (контроль)	32	19	15	22,0
2. Рапс яровой	29	15	14	19,3
3. Озимая рожь	22	18	13	17,7
4. Горчица белая	25	18	12	18,3
5. Бобы кормовые	34	23	14	23,7

Table 1

The effect of siderates on the microbiological activity of the soil on the soil layers with the fixation of the linen cloth in 45 days in 2018, %

Options	Microbiological activity of the soil by soil layers, %			
	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm	0–30 cm
1. Peas + oats (control)	32	19	15	22,0
2. Spring rapeseed	29	15	14	19,3
3. Winter rye	22	18	13	17,7
4. White mustard	25	18	12	18,3
5. Feed beans	34	23	14	23,7

Таблица 2
Влажность почвы в 2018 г., %

Варианты	Слой почвы							
	0–10 см		10–20 см		20–30 см		0–30 см	
	Влаж-ность почвы, %	Отклоне-ние, %						
1. Горох + овес (контроль)	36,93	–	26,64	–	27,01	–	30,19	–
2. Рапс яровой	34,24	–2,69	34,31	7,67	26,20	–0,81	31,58	1,39
3. Озимая рожь	38,79	1,86	35,59	8,95	28,47	1,46	34,28	4,09
4. Горчица белая	35,32	–1,61	33,23	6,59	27,42	0,41	31,99	1,8
5. Бобы кормовые	36,77	–0,16	29,26	2,62	26,55	–0,46	30,86	0,67
НСР ₀₅		1,52		2,12		1,83		

Примечание. Влажность почвы определяли в фазе выхода ячменя в трубку.

Table 2
The humidity of the soil strata of the soil, 2018 %

Options	Soil layer							
	0–10 cm		10–20 cm		20–30 cm		0–0 cm	
	Soil mois-ture, %	Deviation, %						
1. Peas + oats (control)	36.93	–	26.64	–	27.01	–	30.19	–
2. Spring rapeseed	34.24	–2.69	34.31	7.67	26.20	–0.81	31.58	1.39
3. Winter rye	38.79	1.86	35.59	8.95	28.47	1.46	34.28	4.09
4. White mustard	35.32	–1.61	33.23	6.59	27.42	0.41	31.99	1.8
5. Feed beans	36.77	–0.16	29.26	2.62	26.55	–0.46	30.86	0.67
LSD ₀₅		1.52		2.12		1.83		

Note. Soil moisture in the phase of entering the barley tube.

Таблица 3
Количество и масса дождевых червей по различным сидератам в слое почвы 0–30 см на 1 м², 2018 г.

Варианты	Количество дождевых червей, шт/м ²	Отклонение от контроля, шт/м ²	Масса дождевых червей, г/м ²	Отклонение от контроля, г/м ²	Средняя масса одного дождевого червя, г	Количество переработанной почвы за активный период 200 дней, г/м ²
Горох + овес (контроль)	46	–	31,5	–	0,70	140
Рапс яровой	31	–15,0	24,1	–8,0	0,77	154
Озимая рожь	27	–19,0	18,2	–14,0	0,67	134
Горчица	48	+2,0	37,0	+5,0	0,77	154
Бобы кормо-вые	31	–15,0	18,4	–13,0	0,61	122
НСР ₀₅		6,32		3,55		

Примечание. Один дождевой червь за сутки пропускает через свой кишечник вес почвы, равный весу его собственного тела.

Table 3
Number and mass of earthworms according to various siderate, in the soil layer 0–30 cm per 1 m², 2018

Option	Number of earthworms, pcs/m ²	Deviation from control, pcs/m ²	Weight of earthworms, g/m ²	Deviation from control, pcs/m ²	Average weight of one earthworm, g	Amount of processed soil for the active period of 200 days, g/m ²
Peas + oats (control)	46	–	31.5	–	0.70	140
Spring rapeseed	31	–15.0	24.1	–8.0	0.77	154
Winter rye	27	–19.0	18.2	–14.0	0.67	134
Mustard	48	+2.0	37.0	+5.0	0.77	154
Feed beans	31	–15.0	18.4	–13.0	0.61	122
LSD ₀₅		6.32		3.55		

Note. The earthworm passes through the intestines in one day the amount of soil equal to the amount of their body.

Таблица 3
Зеленая масса сидератов, т/га

Варианты	Зеленая масса сидератов, т/га	Отклонение, т/га	Отклонение, %
Горох + овес	36,52	–	100
Рапс	18,80	–17,72	51,48
Озимая рожь	12,00	–24,52	32,86
Горчица	12,80	–23,72	35,05
Бобы кормовые	41,20	4,68	112,81
НСР ₀₅		19,32	

Table 3
Green mass of green manure, t/ha

Option	Green mass of siderates, t/ha	Deviation, t/ha	Deviation, %
Peas + oats (control)	36.52	–	100
Spring rapeseed	18.80	–17.72	51.48
Winter rye	12.00	–24.52	32.86
Mustard	12.80	–23.72	35.05
Feed beans	41.20	4.68	112.81
LSD ₀₅		19.32	

Таблица 4
Урожайность ячменя по различным сидератам, т/га

Варианты	Урожайность ячменя, т/га	Отклонение, т/га	Отклонение, %
Горох + овес	2,61	–	100
Рапс	2,51	–0,10	96,02
Озимая рожь	2,60	–0,01	99,54
Горчица	2,18	–0,43	83,46
Бобы кормовые	2,87	0,26	109,95
НСР ₀₅		0,35	

Table 4
Barley yields for the various green manure, t/ha

Option	Barley yield, t/ha	Deviation, t/ha	Deviation, %
Peas + oats (control)	2.61	–	100
Spring rapeseed	2.51	–0.10	96.02
Winter rye	2.60	–0.01	99.54
Mustard	2.18	–0.43	83.46
Feed beans	2.87	0.26	109.95
LSD ₀₅		0.35	

Таблица 5
Влияние сидератов на биологические показатели и урожайность ячменя

Сидераты	Зеленая масса сидератов, т/га	Микробиологическая активность почвы в слое почвы 0–30 см, %	Влажность почвы в слое 0–30 см, %	Количество дождевых червей, шт/м ²	Масса дождевых червей, г/м ²	Урожайность ячменя, т/га
Горох + овес (контроль)	36,52	22,0	30,19	46	31,5	2,61
Рапс яровой	18,80	19,3	31,58	31	24,1	2,51
Озимая рожь	12,00	17,7	34,28	27	18,2	2,60
Горчица	12,80	18,3	31,99	48	37,0	2,18
Бобы кормовые	41,20	23,7	30,86	31	18,4	2,87
Коэффициент корреляции (r)		0,99	–0,79	0,07	–0,18	0,74

Table 5
The effect of green manure on the biological parameters and yield of barley

Siderates	Green mass of siderates, t/ha	Soil microbiological activity in the soil layer 0–30 cm, %	Soil moisture in the layer 0–30 cm, %	Number of earthworms, pcs/m ²	Earthworm mass, g/m ²	Barley yield, t/ha
Peas + oats (control)	36.52	22.0	30.19	46	31,5	2.61
Spring rapeseed	18.80	19.3	31.58	31	24,1	2.51
Winter rye	12.00	17.7	34.28	27	18,2	2.60
Mustard	12.80	18.3	31.99	48	37,0	2.18
Feed beans	41.20	23.7	30.86	31	18,4	2.87
Correlation coefficient (r)		0.99	-0.79	0,07	-0,18	0.74

При определении зеленой массы сидератов (таблица 3) определена наибольшая зеленая масса сидератов в варианте с кормовыми бобами (41,2 т/га), однако прибавка оказалась в пределах ошибки опыта. Существенно уступали контролю варианты с озимой рожью (-24,52 т/га) и горчицей (-23,72 т/га).

При анализе урожайности зерна ячменя (таблица 4) максимальная урожайность отмечалась на варианте после заделки кормовых бобов - 2,87 т/га, однако оказалась незначительной. Существенно снизилась урожайность ячменя по сравнению с контролем в варианте с заделкой горчицы (-0,43 т/га).

При анализе влияния количества запаханной зеленой массы сидератов на биологические показатели и урожайность ячменя установлена корреляционная зависимость. Проявилась сильная зависимость микробиологической активности почвы от количества зеленой массы (0,99). Однако по влажности почвы сильная связь оказалась с противоположным эффектом (-0,79). Анализ количества и массы дождевых червей по вариантам опыта не выявили корреляционной зависимости от количества зеленых удобрений 0,07 и -0,18 соответственно. Сильная связь между признаками урожайности ячменя и массой сидератов (0,74) подтверждает решающую роль зеленых удобрений в получении урожая.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты исследований показали, что в звене полевого севооборота (сидеральный пар – яровой ячмень), наибольшее положительное влияние на урожай зерна ярового ячменя (2,87 т/га) оказала заделка кормовых бобов массой 41,2 т/га. Второе место по количеству заделанной зеленой массы занял вариант, засеянный смесью гороха и овса 36,5 т/га, однако урожайность ячменя по нему оказалась на 0,35 т/га ниже. Третью позицию по урожайности запаханной зеленой массы занял рапс - 18,8 т/га с урожайностью ячменя 2,51 т/га. Зеленая масса озимой ржи составила всего 12,0 т/га, однако урожайность ячменя по нему приближалась к урожайности горохо-овсяной смеси - 2,60 т/га. Влияние горчицы как сидерата оказало наименьшее влияние на урожайность ячменя (2,18 т/га). При определении микробиологической активности наблюдалась четкая закономерность увеличения активности микроорганизмов от количества заделанной массы. Так, при заделке наибольшей зеленой массы кормовых бобов (2,87 т/га) наблюдалась и самая высокая микробиологическая активность почвы - 23,7 %, аналогичная тенденция была и по остальным вариантам.

Величина запаханной зеленой массы благоприятно отразилась на микробиологической активности почвы, количестве дождевых червей и урожайности по всем вариантам кроме варианта с заделкой горчицы.

Библиографический список

1. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 // Российская газета. Федеральный выпуск. 2018. 09 мая [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2018/05/08/president-ukaz204-site-dok.html> (дата обращения: 18.11.2020).
2. Паспорт федерального проекта «Экспорт продукции АПК» // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/013/013f266cee8d39bce5ca867381ff0da1.pdf> (дата обращения: 14.11.2020).
3. Сычев В. Г., Налиухин А. Н., Шевцова Л. К., Рухович О. В., Беличенко М. В. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайность сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов географической сети России // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1521–1536.
4. Докучаев В. В. К учению о зонах природы. Горизонтальная и вертикальная почвенные зоны. Санкт-Петербург, 1899. 28 с.
5. Завалин А. А., Дридигер В. К., Белобров В. П., Юдин С. А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1506–1516.
6. Кудяров В. Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // Почвоведение. 2019. № 1. С. 109–121.
7. Яковлев А. С., Макаров О. А., Евдокимова М. В., Огородников С. С. Деградация земель и проблемы устойчивого развития // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1167–1174.

8. Куликова Н. А., Железова А. Д., Воропанов М. Г., Филиппова О. И., Плющенко И. В., Родин И. А. Мобилизация, фитотоксичность и действие на микробное сообщество почв глифосата при внесении моноаммонийфосфата // Почвоведение. 2020. № 6. С. 726–737.
9. Зезин Н. Н., Панфилов А. Э., Шанина Е. П. [и др.] Научно обоснованная зональная система земледелия Свердловской области. Екатеринбург, 2020. 372 с.
10. Кайдун П. И. Влияние дождевых червей на доступность растениям элементов минерального питания: азота, железа, цинка, марганца и кремния: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04. Москва, 2018. 153 с.
11. Korschens M. Zwischenfruchtanbau zur Futternutzung und Grundungung – ein Beitrag zur Steigerung der Bondenfruchtdarkeit // Feldwirtschaft. 1983. Bd. 24. H. 8. Pp. 361–367.
12. Кислов А. В., Глинушкин А. П., Кашеев А. В. [и др.] Экологизация севооборотов и биологическая система воспроизводства почвенного плодородия в степной зоне Южного Урала // Земледелие. 2018. № 6. С. 6–10.
13. Никульчев К. А., Банецкая Е. В. Влияние культур севооборота на микробиологическую активность, агрофизические свойства почвы и урожайность сои // Земледелие. 2020. № 1. С. 11–14.
14. Пинчук И. П., Полянская Л. М., Кириллова Н. П., Степанов А. Л. Особенности формирования микробного сообщества дерново-подзолистой почвы в процессе вегетации ячменя (*Hordeum vulgare* L.) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1498–1505.
15. Турусов В. И., Новичихин А. М., Гармашов В. М. [и др.] Рекомендации по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия черноземов ЦЧЗ. Каменная Степь, 2019. 30 с.
16. Коржов С. И., Трофимова Т. А., Котов Г. В. Биологическая активность почвы при совместном посеве культур // Земледелие. 2018. № 8. С. 8–10.
17. Гераськина А. П. Дождевые черви (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) окрестностей пос. Домбай Тебердинского заповедника (Северо-Западный Кавказ, Карачаево-Черкессия) // Труды Зоологического института РАН. Смоленск, 2016. Т. 320. № 4. С. 450–466.
18. Dulaurent A., Daoulas G., Faucon M., Houben D. Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) Mediate the Fertilizing Effect of Frass [e-resource] // Agronomy. 2020. No. 10. Pp. 783. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/783> (date of reference: 14.11.2020).
19. Брескина Г. М., Чуян Н. А. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2020. № 3. С. 30–33.

Об авторах:

Вячеслав Аркадьевич Чулков¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ORCID 0000-0001-9268-4734, AuthorID 653859; +7 950-195-04-68

Татьяна Леонидовна Чапалда¹, старший преподаватель кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0002-7137-5921, AuthorID 871902; +7 908-633-61-09

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Evaluation of the influence of siderates on the biological properties of podzolized chernozem in the link of field crop rotation

V. A. Chulkov¹✉, T. L. Chapalda¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: ares_68@mail.ru

Abstract. The purpose is to study the effect of various siderates on the biological properties and yield of spring barley. **Methods.** The experiment was carried out on podzolized chernozem in 2017–2018 in the forest-steppe zone of the Middle Urals. The green mass of the siderates was taken into account manually, and barley grain by combine was carried out. Soil moisture was determined by the thermostatic-weight method. The number and mass of earthworms were determined from the registered area. The microbiological activity of the soil was determined by the method of linen cloths. **Scientific novelty.** For the first time, the effect of various siderates on the yield of spring barley and the microbiological activity of the soil, the number and mass of earthworms was compared on podzolized chernozem. **Results.** The effect of various siderates: peas + oats, winter rye, spring rapeseed, white mustard, fodder beans on the microbiological activity of the soil, the number of earthworms and the yield of spring barley in the link of the field crop rotation – sideral steam – spring barley was studied. The largest green mass of green manure was plowed into the soil in the following variants: fodder beans (41.2 t/ha) and peas + oats (36.4 t/ha). In the variant with the planting of fodder beans, the highest microbiological activity of the soil was observed (71 %). Studies of the number of earthworms showed that their number was 24 % higher in the mustard variant compared to the control. However, the

mass of the soil they processed in the peas + oats variant (138 g/m^2) was maximum and exceeded the mass in other versions by $11\text{--}27 \text{ g/m}^2$. The highest yield of barley was also obtained in the variant with the incorporation of feed beans – 2.87 t/ha , which is $0.26\text{--}0.69 \text{ t/ha}$ higher than the rest. Increasing the microbiological activity of the soil in the variant with the incorporation of feed beans increased the yield of barley. The increase in the plowed green mass in the variants did not affect the increase in the number and weight of earthworms.

Keywords: soil fertility, siderates, microbiological activity of soil, earthworms, yield of spring barley.

For citation: Chulkov V. A., Chapalda T. L. Otsenka vliyaniya sideratov na biologicheskie svoystva chernozema opodzolenogo v zvene polevogo sevooborota [Evaluation of the influence of siderates on the biological properties of podzolized chernozem in the link of field crop rotation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 55–63. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-55-63. (In Russian.)

Paper submitted: 21.12.2020.

References

1. “O natsional’nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda”: Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 maya 2018 g. № 204 [“On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024”: Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 No. 204] [e-resource] // Rossiyskaya gazeta Federal’nyy vypusk. 2018. 09 May. URL: <https://rg.ru/2018/05/08/president-ukaz204-site-dok.html> (date of reference: 18.11.2020). (In Russian.)
2. Pasport federal’nogo proekta “Eksport produktsii APK” [Passport of the federal project “Export of agricultural products”] [e-resource] // Official Internet portal of legal information. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/013/013f266cee8d39bce5ca867381ff0da1.pdf> (date of reference: 14.11.2020). (In Russian.)
3. Sychev V. G., Naliukhin A. N., Shevtsova L. K., Rukhovich O. V., Belichenko M. V. Vliyanie sistem udobreniya na sodержanie pochvennogo organicheskogo ugleroda i urozhaynost’ sel’skokhozyaystvennykh kul’tur: rezul’taty dlitel’nykh polevykh opytov geograficheskoy seti Rossii [Influence of fertilization systems on soil organic carbon content and crop yields: results of long-term field trials of the geographic network of Russia] // Eurasian Soil Science. 2020. No. 12. Pp. 1521–1536. (In Russian.)
4. Dokuchaev V. V. K uchen’yu o zonakh prirody. Gorizonta’lnaya i vertikal’naya pochvennyye zony [To the study of nature zones. Horizontal and vertical soil areas]. Saint Petersburg, 1899. 28 p. (In Russian.)
5. Zavalin A. A., Dridiger V. K., Belobrov V. P., Yudin S. A. Azot v chernozemakh pri traditsionnoy tekhnologii obrabotki i pryamom poseve (obzor) [Nitrogen in chernozems with traditional processing technology and direct sowing (overview)] // Eurasian Soil Science. 2018. No. 12. Pp. 1506–1516. (In Russian.)
6. Kudryarov V. N. Pochvenno-biogeokhimicheskie aspekty sostoyaniya zemledeliya v Rossiyskoy Federatsii [Soil and biogeochemical aspects of the state of agriculture in the Russian Federation] // Eurasian Soil Science. 2019. No. 1. Pp. 109–121. (In Russian.)
7. Yakovlev A. S., Makarov O. A., Evdokimova M. V., Ogorodnikov S. S. Degradatsiya zemel’ i problemy ustoychivogo razvitiya [Land degradation and problems of sustainable development] // Eurasian Soil Science. 2018. No. 9. Pp. 1167–1174. (In Russian.)
8. Kulikova N. A., Zhelezova A. D., Voropanov M. G., Filippova O. I., Plyushchenko I. V., Rodin I. A. Mobilizatsiya, fitotoksichnost’ i deystvie na mikrobnoe soobshchestvo pochv glifosata pri vnesenii monoammoniyfosfata [Mobilization, phytotoxicity and action on the microbial community of glyphosate soils when introducing monoammonium phosphate] // Eurasian Soil Science. 2020. No. 6. Pp. 726–737. (In Russian.)
9. Zezin N. N., Panfilov A. E., Shanina E. P., et al. Nauchno obosnovannaya zonal’naya sistema zemledeliya Sverdlovskoy oblasti [Scientifically based zonal agriculture system of the Sverdlovsk region]. Ekaterinburg, 2020. 372 p. (In Russian.)
10. Kaydun P. I. Vliyanie dozhdevykh chervey na dostupnost’ rasteniyam elementov mineral’nogo pitaniya: azota, zheleza, tsinka, margantsa i kremniya: dis. ... kand. biol. nauk [The influence of earthworms on the availability of mineral nutrition elements to plants: nitrogen, iron, zinc, manganese and silicon: dissertation ... candidate of biological sciences: 06.01.04. Moscow, 2018. 153 p. (In Russian.)
11. Korschens M. Zwischenfruchtanbau zur Futternutzung und Grundungung – ein Beitrag zur Steigerung der Bondenfruchtbarkeit // Feldwirtschaft. 1983. Bd. 24. H. 8. Pp. 361–367. .
12. Kislov A. V., Glinushkin A. P., Kashcheev A. V., et al. Ekologizatsiya sevooborotov i biologicheskaya sistema vosproizvodstva pochvennogo plodorodiya v stepnoy zone Yuzhnogo Urala [Greening crop rotation and the biological system of reproduction of soil fertility in the steppe zone of the Southern Urals] // Agriculture. 2018. No. 6. Pp. 6–10. (In Russian.)
13. Nikul’chev K. A., Banetskaya E. V. Vliyanie kul’tur sevooborota na mikrobiologicheskuyu aktivnost’, agrofizicheskie svoystva pochvy i urozhaynost’ soi [Effect of crop rotation crops on microbiological activity, agrophysical properties of soil and soybean yield] // Agriculture. 2020. No. 1. Pp. 11–14. (In Russian.)
14. Pinchuk I. P., Polyanskaya L. M., Kirillova N. P., Stepanov A. L. Osobennosti formirovaniya mikrobnogo soobshchestva dernovo-podzolistoy pochvy v protsesse vegetatsii yachmenya (*Hordeum vulgare* L.) [Features of the formation of the microbial community of sod-podzolic soil in the process of barley vegetation (*Hordeum vulgare* L.)] // Eurasian Soil Science. 2018. No. 12. Pp. 1498–1505. (In Russian.)

15. Turusov V. I., Novichikhin A. M., Garmashov V. M., et al. Rekomendatsii po sokhraneniyu i rasshirennomu vosproizvodstvu plodorodiya chernozemov TsChZ. [Recommendations for the preservation and extended reproduction of the fertility of chernozems of the ChCHZ]. Kamennaya Step', 2019. 30 p. (In Russian.)
16. Korzhov S. I., Trofimova T. A., Kotov G. V. Biologicheskaya aktivnost' pochvy pri sovместnom poseve kul'tur [Biological activity of soil in co-cultivation of crops] // Agriculture. 2018. No. 8. Pp. 8–10. (In Russian.)
17. Geras'kina A. P. Dozhdevye chervi (Oligochaeta, Lumbricidae) okrestnostey pos. Dombay Teberdinskogo zapovednika (Severo-Zapadnyy Kavkaz, Karachaevo-Cherkessiya) [Earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) of the vicinity of the village. Dombay Teberdinsky reserve (North-West Caucasus, Karachay-Cherkessia)] // Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. Smolensk, 2016. T. 320. No. 4. Pp. 450–466. (In Russian.)
18. Dulaurent A., Daoulas G., Faucon M., Houben D. Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) Mediate the Fertilizing Effect of Frass [e-resource] // Agronomy. 2020. No. 10. P. 783. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/783> (date of reference: 14.11.2020).
19. Breskina G. M., Chuyan N. A. Vliyanie priemov biologizatsii na urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Effects of biological techniques on crop yields] // Agriculture. 2020. No. 3. Pp. 30–33. (In Russian.)

Authors' information:

Vyacheslav A. Chulkov¹, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of chemistry, soil science and agroecology, ORCID 0000-0001-9268-4734, AuthorID 653859; +7 950-195-04-68

Tatiana L. Chapalda¹, senior lecturer of the department of plant production and breeding, ORCID 0000-0002-7137-5921, AuthorID 871902; +7 908-633-61-09

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Оценка сортов хризантемы садовой коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН с учетом направления использования

С. Г. Денисова¹, А. А. Реут¹✉

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

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

Аннотация. Хризантема садовая (*Chrysanthemum × hortorum* Bailey) – многолетнее растение семейства сложноцветных (Compositae). Пожалуй, самая известная и востребованная поздноцветущая культура, которую используют как для озеленения частного сектора, так и в зеленом строительстве населенных пунктов. Однако использование ее в почвенно-климатических условиях Башкирского Предуралья затруднено в связи с отсутствием сортов, адаптированных к местным условиям, и обоснованного ассортимента. **Цель исследования** – комплексная оценка сортов хризантемы из коллекции Южно-Уральского ботанического сада г. Уфы с учетом направлений использования. **Методы.** В соответствии с методикой Е. С. Пидгайной и др. растения проходили два этапа анализа: на первом выделяли самые декоративные и стабильные сорта; на втором определяли перспективное направление использования каждого из них. На первом этапе оценивались декоративные (декоративность куста, листьев, соцветия; обилие цветения; однородность сорта; аромат) и хозяйственно-полезные (продуктивность и продолжительность цветения; засухоустойчивость; зимостойкость; устойчивость к неблагоприятным условиям, болезням и вредителям; интенсивность вегетативного размножения) признаки. **Результаты.** В результате анализа декоративных качеств 112 сортов хризантемы выявлено десять (Актаныш, Анюта, Белоснежка, Вечерние Огни, Опал, Пектораль, Розовая Мечта, Солнечная Феерия, Солнышко, Уфимская Юбилейная), обладающих высокой декоративностью куста, слабым ароматом и характеризующихся обильным цветением; они оценены 49–50 баллами. 84 сорта оценены 40–48 баллами, у них менее обильное цветение и сильнее выражен аромат. По хозяйственно-ценным признакам наибольшим количеством баллов (48–49) оценены 4 сорта (Актаныш, Нежная Муза, Аkiwa Yellow, Курочка Ряба). Самый низкий суммарный балл (34) отмечен у сорта Золотистый Дукал. В результате проведенной комплексной оценки 106 сортов отнесены к высокоперспективным, они набрали более 80 баллов; 6 сортов являются перспективными, они оценены 60–80 баллами. **Научная новизна.** На втором этапе анализа при определении перспективного направления использования выявлено, что большинство сортов (88) можно рекомендовать для садового использования и 25 – для контейнерной культуры.

Ключевые слова: хризантема, интродукция, биология, декоративные признаки, хозяйственно-ценные качества, направление использования.

Для цитирования: Денисова С. Г., Реут А. А. Оценка сортов хризантемы садовой коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН с учетом направления использования // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 64–73. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-64-73.

Дата поступления статьи: 15.01.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Хризантема садовая (*Chrysanthemum × hortorum* Bailey) – многолетнее осеннецветущее растение гибридного происхождения. Данная культура незаслуженно забыта в городском озеленении. Срезанные соцветия *Chrysanthemum × hortorum* долго сохраняют свежесть в воде и эффективны в осенних букетах и композициях. Родина хризантемы – Китай, Корейский полуостров, Япония. В настоящее время в мире насчитывается 5000 сортов. Они отличаются по интенсивности роста и срокам цветения. В средней полосе России выращивают в открытом грунте не более 200. Хризантема в последнее время широко используется не только в садово-парковых насаждениях, но и в качестве горшечной культуры [1, с. 478]. Однако

использование ее в почвенно-климатических условиях Башкирского Предуралья затруднено в связи с отсутствием сортов, приспособленных к заданным условиям, и обоснованного ассортимента [2, с. 102]. Создание и изучение коллекционных фондов цветочно-декоративных культур является предпосылкой перехода к следующему этапу интродукционной работы – сравнительной оценке сортов и отбору наиболее перспективных для декоративного цветоводства.

Проведение комплексной оценки предполагает установление критериев максимальной декоративности растений, в большинстве случаев это является результатом субъективного впечатления [3, с. 101]. Ни качественные признаки (окраска, изящество формы, аромат цветков и

соцветий), ни количественные (число цветков в соцветии, диаметр соцветия, длина цветоноса) не являются исключительно определяющими при выборе перспективных сортов. Поэтому используют показатели, демонстрирующие декоративные достоинства и указывающие на адаптивный потенциал растений [4, с. 56]. Для этого прибегают к помощи различного рода оценочных шкал [5, с. 107], [6, с. 15], [7, с. 38], [8, с. 28], в которых проявление отдельных признаков выражено в баллах или степенях [9].

Цель исследования – комплексная оценка сортов хризантемы садовой из коллекции ботанического сада-института г. Уфы с учетом направлений использования.

Методология и методы исследования (Methods)

Интродукционные исследования проводились на базе лаборатории интродукции и селекции цветочных растений Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН) в 2018–2020 годах. Объектами изучения были 112 сортов хризантемы садовой отечественной и зарубежной селекции. Сортооценка культиваров проводилась по методике, предложенной Е. С. Пидгайной, А. И. Репецкой, Л. А. Маркиной, Л. Ф. Решетниковой [10, с. 89] с некоторыми дополнениями. Каждый критерий получал определенное количество баллов с учетом «переводного коэффициента значимости». Оценка сортов проводилась в два этапа: на первом выявляли наиболее декоративные и устойчивые сорта, на втором определяли перспективное направление использования каждого из них.

Параметр «обилие цветения» представляет собой площадь горизонтальной проекции цветочного пятна на куст растения. Определение его проводили согласно методике, разработанной в ботаническом саду МГУ [11, с. 39]. С этой целью использовали данные биометрических показателей декоративности: диаметр и количество цветков. Площадь горизонтальной проекции одного цветка вычисляли по формуле площади круга. Затем полученные значения умножали на количество цветков на одном растении. Результат – площадь проекции цветочного пятна на куст (m^2).

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали пакет программ Microsoft Excel 2003 и AGROS 2.13.

Результаты (Results)

Первый этап. Выявление перспективных сортов хризантемы для использования в регионе

В первую очередь оценивались декоративные (декоративность куста, листьев, соцветия; однородность сорта; обилие цветения; аромат) и хозяйственно-полезные признаки (продуктивность и продолжительность цветения, интенсивность вегетативного размножения, засухоустойчивость, зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, неблагоприятным метеороусловиям).

При анализе коллекционного фонда хризантем установлено, что 52 сорта коллекции имеют декоративный куст с соцветиями, расположенными на поверхности, поэтому получают наивысший балл (5). У 51 сорта куст теряет декоративность после цветения, поэтому их оценили четырьмя баллами. У девяти сортов кусты раскидистые и малооблиственные, поэтому получают оценку 3 балла (рис. 1а).

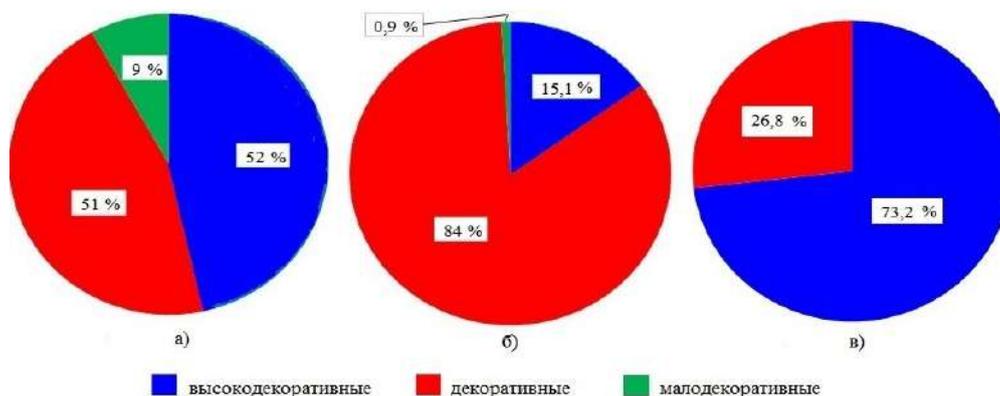


Рис. 1. Группы сортов хризантем по форме куста (а), окраске листьев (б), декоративности соцветий (в)

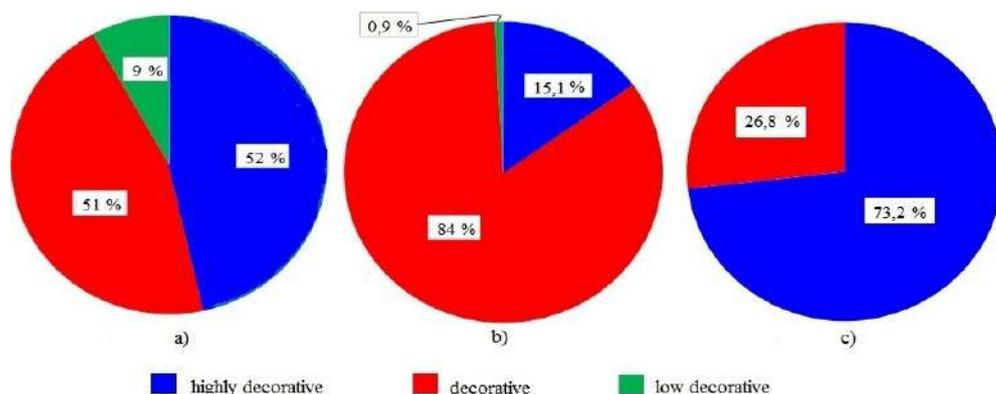


Fig. 1. Groups of varieties of chrysanthemum by the shape of a bush (a), color of leaves (b), decorativeness of inflorescences (c)

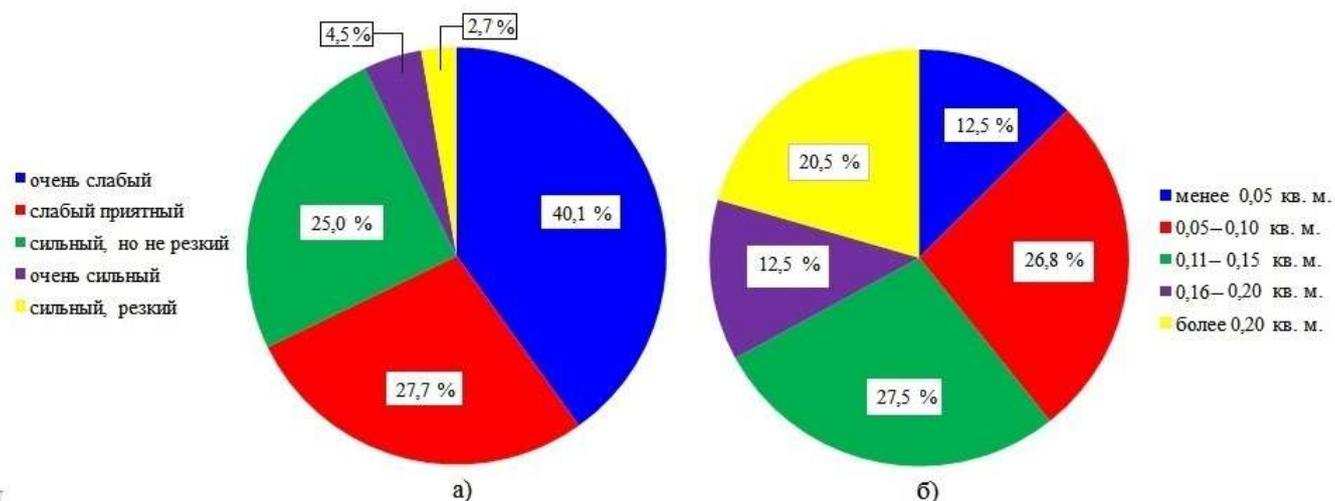


Рис. 2. Группы сортов хризантем по аромату (а) и обилию цветения (б)

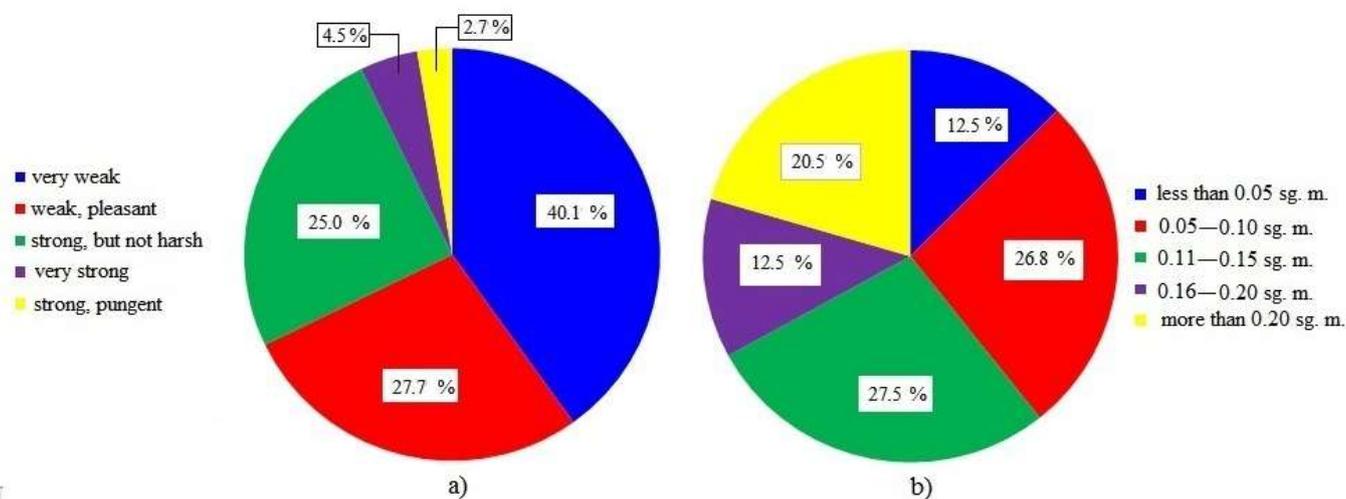


Fig. 2. Groups of varieties of chrysanthemum by aroma (a) and abundance of flowering (b)

Выявлено 17 сортов, листья которых имеют насыщенный цвет и восковой налет, поэтому являются высокодекоративными и оценены 5 баллами. 84 % сортов характеризуются типичной окраской листьев и получают 4 балла. Только у одного сорта (Радость Моя) отмечено высыхание листьев после цветения, поэтому он получает 3 балла (рис. 1б).

Декоративность соцветия определяли по совокупности признаков: яркость, чистота и интенсивность окраски, аттрактивность бутона, оригинальность формы. Окраска соцветия имеет большое значение [12, с. 2340]. По данному признаку более высокую оценку получают сорта с чистой, яркой или очень нежной и оригинальной окраской, устойчивой к выгоранию. При оценке формы соцветия предпочтение отдается сортам с корзинками правильной геометрии, независимо от того, к какому типу они относятся – простому, полумахровому, махровому или анемоновидному. Высокими баллами по данному признаку оценены 73 % сортов. По 4 балла получают 30 сортов, у которых окраска цветка склонна к выгоранию (рис. 1в).

В предлагаемой методике рекомендуется принимать во внимание особый неповторимый аромат предзимья,

свойственный хризантемам [10, с. 91]. Мы склонны согласиться с тем, что аромат необходимо учитывать. Но в связи с тем, что сильный аромат может вызвать головные боли и аллергические реакции, в своей работе мы решили таким сортам давать низкую оценку. А сортам, имеющим слабый аромат или без него, напротив, высокую [13, с. 81]. В результате исследования установлено, что 40,1 % сортов имеют очень слабый аромат и получают высокую оценку. Сорта Альфира, Афарин и Фарида Кудашева обладают сильным специфичным ароматом и оценены одним баллом. Сорта Гюзель, Карима, Насима, Осенние Грезы, Рима Байбурина характеризуются менее резким ароматом и получают по 2 балла. У 27,7 % сортов, получивших оценку 4 балла, аромат слабый, приятный. У 25 %, получивших оценку 3 балла, аромат сильный, но не резкий (рис. 2а).

Однородность особей – важная характеристика стабильности сорта. Его учитывали в период массового цветения сорта, при этом принимали во внимание параметры куста, внешний вид, сроки цветения, размеры и форма цветка. По этому показателю все сорта оценены высокими баллами. Анализируемые сорта дружно цвели, были выравнены по общему габитусу куста, в выборке отсутствовали выпадения растений.

Параметр «обилие цветения» показывает, насколько декоративны хризантемы в период цветения, т. е. какую цветочную нагрузку они несут (таблица 1). В зависимости от полученных результатов, каждому сорту присваивался балл в соответствии с разработанной шкалой (таблица 2).

Выявлено, что в коллекции хризантем ЮУБСИ УФИЦ РАН большим количеством (31 и 30 шт.) представлены сорта с площадью цветочной проекции 0,05–0,15 м², данные сорта получили 3 и 2 балла соответственно. 23 сорта оценены 5 баллами, у них данный параметр составил более 0,20 м² (рис. 2б).

Таким образом, установлено, что высокие баллы (49–50) за декоративные качества получили десять сортов (Актаныш, Анюта, Белоснежка, Вечерние Огни, Опал, Пектораль, Розовая Мечта, Солнечная Феерия, Солнышко, Уфимская Юбилейная). Данные сорта характеризуются высокой декоративностью куста, слабым ароматом цветов и обилием цветения. 84 сорта оценены меньшим количеством баллов (40–48), у них менее обильное цветение и сильнее выражен аромат. Самый низкий суммарный балл (34) получил сорт Радость Моя, так как имеет малооблиственный, стелющийся куст и характеризуется не обильным цветением.

Таблица 1
Площадь горизонтальной проекции цветочного пятна сортов хризантемы коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН (фрагмент)

Сорта	Диаметр соцветия, см	Количество соцветий, шт.	Площадь проекции цветочного пятна на одном растении, м ²
Актаныш	5,0	256	0,5024
Анюта	6,0	180	0,5086
Вечерние Огни	4,5	233	0,3703
Видинский Бал	8,2	12	0,0633
Волны Агидели	4,1	113	0,1491
Дуслык 45	4,9	166	0,3128
Загир Исмагилов	4,7	112	0,1942
Мазурка	4,5	121	0,1923
Опал	8,2	53	0,2797
Памяти Н. В. Старовой	5,7	48	0,1224
Пектораль	6,1	118	0,3446
Розовая Мечта	5,5	269	0,6387
Сакмара	4,7	51	0,0884
Фахания	5,7	22	0,0561
Хадия Давлетшина	4,8	47	0,0850

Table 1
The area of the horizontal projection of the color spot of varieties of chrysanthemum from the SUBGI UFRS RAS collection (fragment)

Varieties	Inflorescence diameter, cm	Number of inflorescences, pcs.	The projected area of the color spot on one plant, m ²
Aktanysh	5.0	256	0.5024
Anyuta	6.0	180	0.5086
Vecherniye Ogni	4.5	233	0.3703
Vidinskiy Bal	8.2	12	0.0633
Volny Agideli	4.1	113	0.1491
Duslyk 45	4.9	166	0.3128
Zagir Ismagilov	4.7	112	0.1942
Mazurka	4.5	121	0.1923
Opal	8.2	53	0.2797
Pamyati N. V. Starovoy	5.7	48	0.1224
Pektoral'	6.1	118	0.3446
Rozovaya Mechta	5.5	269	0.6387
Sakmara	4.7	51	0.0884
Fakhaniya	5.7	22	0.0561
Khadiya Davletshina	4.8	47	0.0850

Таблица 2
Шкала оценки обилия цветения по площади проекции цветочного пятна

Площадь проекции цветочного пятна, м ²	Баллы
Менее 0,05	1
0,05–0,10	2
0,11–0,15	3
0,16–0,20	4
Более 0,20	5

Table 2
Scale for assessing the abundance of flowering by the projected area of the color spot

Color spot projection area, m ²	Points
Less than 0.05	1
0.05–0.10	2
0.11–0.15	3
0.16–0.20	4
More than 0.20	5

При оценке продуктивности цветения учитывали возможность повторного цветения. У большинства сортов хризантем наблюдается однократное цветение за сезон. Повторно могут зацвести некоторые ранние сорта, что продлевает их декоративность. В условиях ЮУБСИ УФИЦ РАН ремонтантность наблюдалось только у одного сорта (Нежная Муза), поэтому он оценен пятью баллами. Остальные сорта получили по 4 балла.

В декоративном цветоводстве важную роль играет длительность периода массового цветения. Его определяют от распускания бутонов до окончания цветения. Проанализировав периоды цветения сортов хризантем коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН, мы создали свою шкалу оценки (таблица 3), в соответствии с которой и оценили сорта.

В результате оценки выявлено, что лидирующее положение (48 шт.) занимают сорта с продолжительностью цветения 41–60 суток, они оценены 3 баллами. Также в коллекции присутствует 41 сорт, имеющий период цветения 61–80 суток, они получили оценку 4 балла. Только 8 сортов характеризуются длительным периодом цветения (более 80 суток), они заработали по 5 баллов (рис. 3а).

Культивирование хризантем невозможно без полива. Сорта хризантем коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН при соблюдении агротехнических мероприятий характеризуются устойчивостью к засухе. За время наблюдений не отмечали случаев «запала», когда на листьях появляются некротические пятна, и «захвата», когда листья просто высыхают, лишь слегка изменяя свою зеленую окраску [14, с. 92], [15, с. 15994]. По данному параметру все сорта оценены высокими баллами.

Одним из важнейших критериев для включения культур и сортов в перспективный ассортимент является способность растений переживать зимний период с минимальными повреждениями или без них. Поэтому необходима оценка зимостойкости сортов хризантем.

В соответствии с рекомендациями [10, с. 96] был проведен анализ состояния перезимовавших растений. В результате выявлено, что 67 % сортов характеризуются высокой и средней зимостойкостью (5 и 4 балла), гибель

Таблица 3
Шкала оценки сортов хризантем по продолжительности массового цветения

Продолжительность массового цветения, сут.	Баллы
Менее 20	1
20–40	2
41–60	3
61–80	4
Более 80	5

Table 3
Scale for assessing the varieties of chrysanthemum for the duration of mass flowering

Duration of mass flowering, days	Points
Less than 20	1
20–40	2
41–60	3
61–80	4
More than 80	5

маточников составила до 30 %. У остальных сортов выпад составил более 30 %, и они оценены более низкими баллами (рис. 3б).

За период наблюдений у сортов хризантем не выявлено повреждений болезнями и вредителями, поэтому они оценены высокими баллами. Также не отмечено снижения декоративности в связи с неблагоприятными условиями, по данному параметру все сорта получили 5 баллов.

Важным хозяйственно-ценным признаком хризантем является интенсивность вегетативного размножения, которая зависит от скорости отрастания и степени облиственности побегов. Большинство коллекционных сортов (70 шт.) имеют высокую степень данного показателя и оценены 5 баллами. По 4 балла получают 34 сорта, которые имеют побеги с длинными междоузлиями либо медленно отрастают. Восемь сортов получают по 3 балла (рис. 3б).

Таким образом, по хозяйственно-ценным признакам наибольшим количеством баллов (48–49) оценены 4 сорта (Актаныш, Нежная Муза, Akiwa Yellow, Курочка Ряба). Самый низкий суммарный балл (34) у сорта Золотистый Дукач.

Совокупная 100-балльная оценка позволила выделить 106 высокоперспективных сортов, которые получили более 80 баллов, и 6 перспективных сортов, которые оценены 60–80 баллами.

Второй этап. Выявление перспективного направления использования сортов хризантем коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН

Важным качеством сорта, определяющим перспективу его внедрения в ассортимент рекомендованных для озеленения растений, является его высокая декоративность в заданных почвенно-климатических условиях. Однако тогда необходимо определиться с направлением использования сорта. Для хризантем выделяют три варианта: срезочные, контейнерные и садовые. На следующем этапе высокоперспективные и перспективные сорта оценивались по предлагаемой шкале [10, с. 98], в которой учтены основные требования, предъявляемые к растениям определенного направления использования.

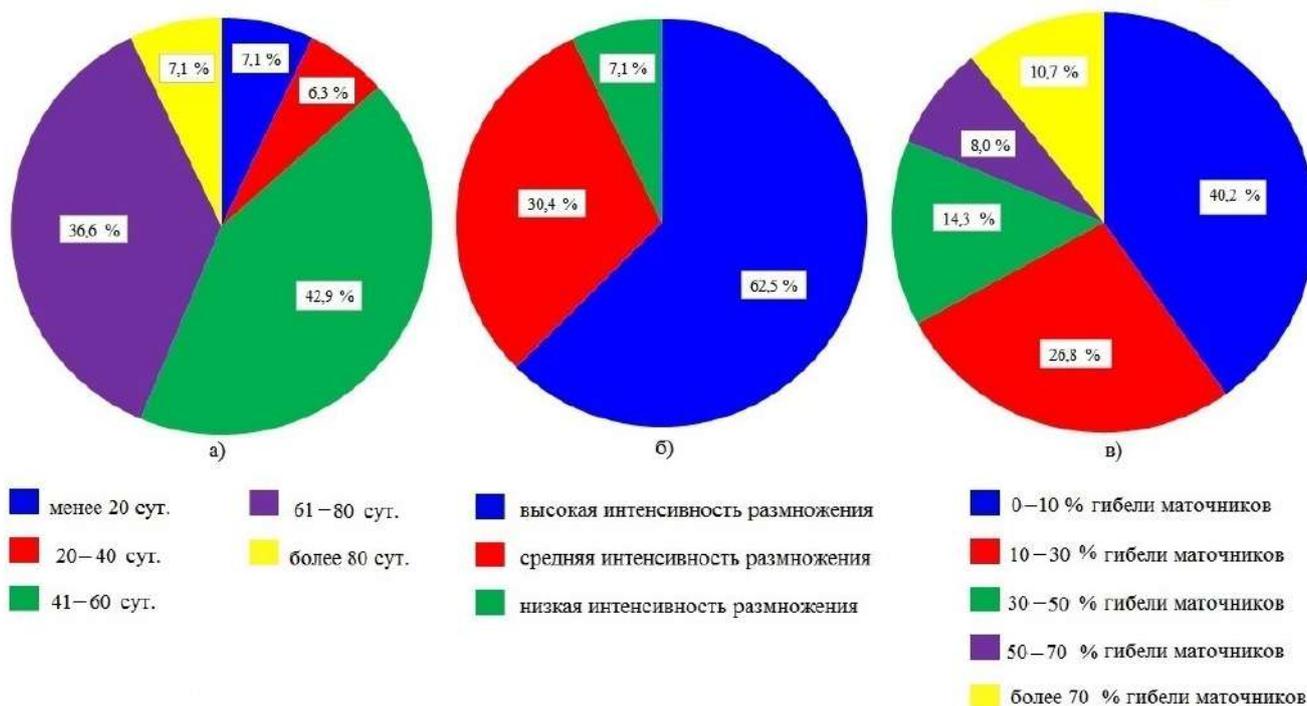


Рис. 3. Группы сортов хризантем по продолжительности цветения (а), интенсивности размножения (б) и зимостойкости (в)

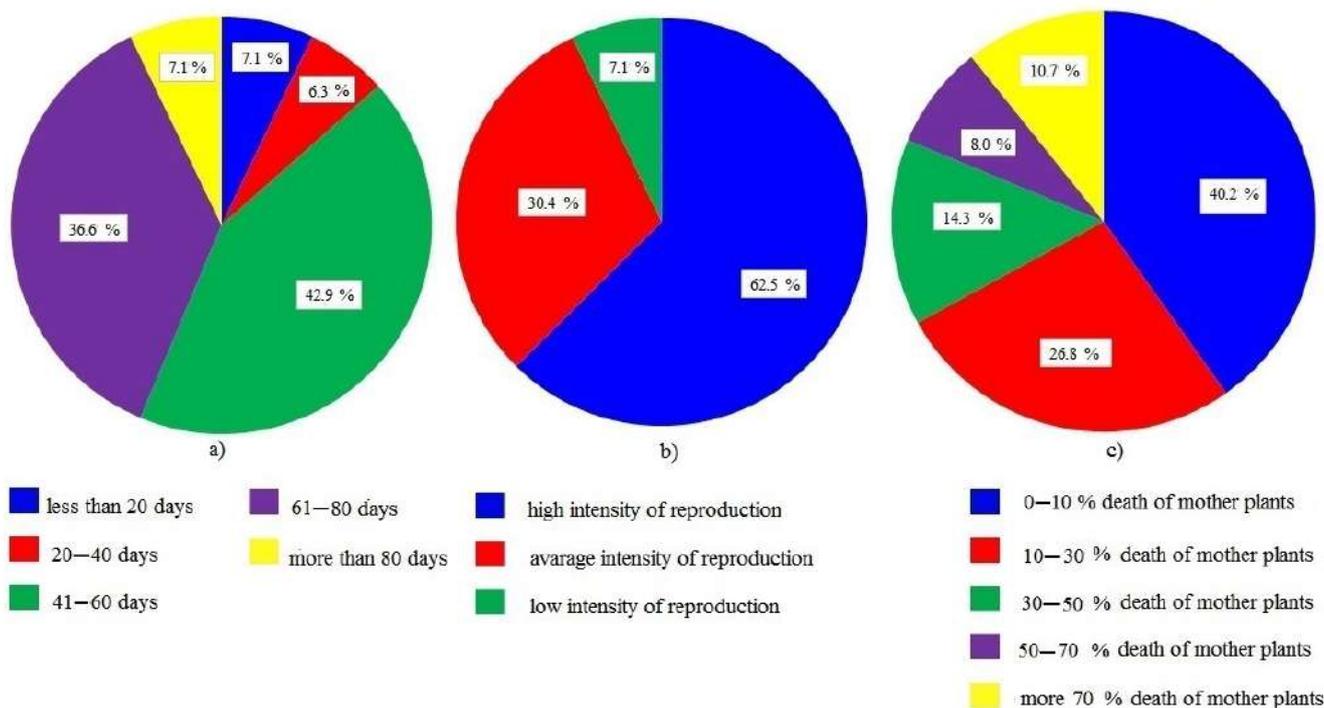


Fig. 3. Groups of varieties of chrysanthemums by the duration of flowering (a), the intensity of reproduction (b) and winter hardiness (c)

Важный признак для срезочных хризантем – доля цветоносов экстра- и первого товарного сорта[□], а также прочность цветоноса. Кроме того, имеют значение размер сложного соцветия и характер группировки корзинок на цветоносе. В результате оценки по данным параметрам установлено, что из 112 высокоперспективных и перспективных сортов ни один не набрал высокие баллы (45–50), т. е. в коллекции нет сортов, которые можно использовать как срезочные (таблица 4). Максимальное количество баллов, которое набрали коллекционные сорта, – 40 (Дуслык 450, Памяти Н. В. Старовой).

Для использования культуры как контейнерной большое значение имеют следующие биологические характеристики: компактность и плотность куста, высокая способность к ветвлению, плотность облиствления побега и продолжительность общей декоративности. Оценка сортов по указанным параметрам показала, что 25 сортов (Волны Агидели, Аметист, Юность и др.) можно рекомендовать для использования в качестве контейнерной культуры, эти сорта набрали 45–50 баллов.

Таблица 4

Оценка сортов хризантемы коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН для определения основного направления использования (фрагмент)

Сорта	Срезочные хризантемы					Контейнерные хризантемы					Садовые хризантемы				
	Доля цветоносов экстра- и 1-го товарного сорта	Прочность цветоноса	Размер сложного соцветия	Характер группировки корзинок в цветоносе	Общая оценка	Компактность и плотность куста	Способность к ветвлению	Плотность облиствления побега	Продолжительность общей декоративности	Общая оценка	Прочность побегов	Продолжительность общей декоративности	Устойчивость к осенним заморозкам	Интенсивность ранневсеннего отращивания	Общая оценка
Балл	1-5	1-5	1-5	1-5	50	1-5	1-5	1-5	1-5	50	1-5	1-5	1-5	1-5	50
Переводной коэффициент	4	3	2	1		4	3	2	2		4	3	2	1	
Актаныш	1	5	4	4	31	3	3	3	4	31	5	4	5	5	47
Анюта	1	5	5	5	34	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Вечерние Огни	1	5	4	4	31	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Видинский Бал	1	5	3	3	28	5	5	5	5	50	5	5	5	2	47
Волны Агидели	1	5	1	5	26	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Дуслык 450	3	5	4	5	40	3	4	4	4	36	5	4	5	4	46
Загир Исмагилов	1	5	1	3	24	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Мазурка	1	5	4	4	31	4	4	4	4	40	5	4	5	5	47
Опал	1	5	5	5	34	5	4	4	5	45	5	5	5	5	50
Памяти Н. В. Старовой	3	5	4	5	40	5	4	5	4	46	5	4	5	5	47
Пектораль	1	5	5	5	34	5	4	4	5	45	5	5	5	5	50
Розовая Мечта	1	5	4	5	32	4	5	5	5	46	5	5	5	5	50
Сакмара	1	5	4	5	32	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Фахания	1	5	4	5	32	3	3	3	3	30	5	3	5	5	44
Хадия Давлетшина	1	1	2	2	13	3	3	3	3	30	4	3	5	2	37
Чудное Мгновение	1	5	4	4	31	5	5	5	4	49	5	4	5	5	47

Table 4

Evaluation of varieties of chrysanthemum from the SUBGI UFRS RAS collection to determine the main direction of use (fragment)

Varieties	Cut chrysanthemums					Container chrysanthemums					Garden chrysanthemums				
	Share of peduncles extra and 1 commercial grade	Peduncle strength	Complex size inflorescences	The nature of the grouping of baskets in the peduncle	Overall score	Compactness and bush density	Ability to branching	Density foliage of the shoot	Duration general decorativeness	Overall score	Shoot strength	Duration general decorativeness	Resistance to autumn frosts	Intensity of early spring regrowth	Overall score
Points	1-5	1-5	1-5	1-5	50	1-5	1-5	1-5	1-5	50	1-5	1-5	1-5	1-5	50
Conversion coefficient	4	3	2	1		4	3	2	2		4	3	2	1	
Aktanysh	1	5	4	4	31	3	3	3	4	31	5	4	5	5	47
Anyuta	1	5	5	5	34	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Vecherniye Ogni	1	5	4	4	31	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Vidinskiy Bal	1	5	3	3	28	5	5	5	5	50	5	5	5	2	47
Volny Agideli	1	5	1	5	26	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Duslyk 450	3	5	4	5	40	3	4	4	4	36	5	4	5	4	46
Zagir Ismagilov	1	5	1	3	24	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Mazurka	1	5	4	4	31	4	4	4	4	40	5	4	5	5	47
Opal	1	5	5	5	34	5	4	4	5	45	5	5	5	5	50
Pamyati N. V. Starovoy	3	5	4	5	40	5	4	5	4	46	5	4	5	5	47
Pektoral'	1	5	5	5	34	5	4	4	5	45	5	5	5	5	50
Rozovaya Mechta	1	5	4	5	32	4	5	5	5	46	5	5	5	5	50
Sakmara	1	5	4	5	32	5	5	5	5	50	5	5	5	5	50
Fakhaniya	1	5	4	5	32	3	3	3	3	30	5	3	5	5	44
Khadiya Davletshina	1	1	2	2	13	3	3	3	3	30	4	3	5	2	37
Chudnoye Mgnoveniye	1	5	4	4	31	5	5	5	4	49	5	4	5	5	47

У садовых хризантем важная роль отводится таким признакам, как устойчивость к осенним заморозкам, что продлевает аттрактивность культуры, и прочность побегов, что позволяет сохранить форму куста без подвязывания. При интенсивном отрастании хризантемы могут служить фоном для весеннецветущих растений. Анализ сортов по вышеизложенным критериям показал, что большинство сортов (88) коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН лучше использовать как садовые.

Также выявлены 24 сорта (Аниса, Вечный Огонь, Розовая Мечта и др.), которые можно использовать в двух направлениях: как контейнерные и как садовые.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Использование методики, предложенной Е. С. Пидгайной и др., для оценки декоративности сортов хризантем

коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН позволила выделить высокоперспективные (106) и перспективные (6) сорта. Благодаря специфическому двухэтапному подходу на основе объективного количественного анализа приоритетного направления использования сорта установлено, что большинство сортов (88) можно рекомендовать для садового использования и 25 – для контейнерной культуры.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме АААА-А18-118011990151-7.

Библиографический список

1. Недолужко А. И. Использование межвидовой гибридизации в селекции адаптивных гибридов и сортов хризантемы садовой (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 4. С. 476–483. DOI: 10.18699/VJ18.385.
2. Денисова С. Г., Реут А. А., Тухватулина Л. А. Результаты сортооценки *Chrysanthemum* × *hortorum* в условиях Южного Урала // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (82). С. 101–106.
3. Тукач С. И. Модификационная 100-балльная шкала оценки представителей рода *Zinnia* L. при интродукции в Предгорном Крыму // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. Ялта, 2017. Т. 145. С. 101–109.
4. Кабанов А. В. Особенности подбора поздно цветущих представителей семейства *Asteraceae* для городского озеленения // Экосистемы. 2019. № 18 (48). С. 55–60.
5. Смыкова Н. В. Новые районированные сорта крупноцветковых хризантем селекции никитского ботанического сада // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 67. С. 106–113. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-67-106-113.
6. Мацнева А. Е. Методика сравнительной сортооценки декоративных культур // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 63-1. С. 14–18. DOI: 10.18411/lj-07-2020-04.
7. Плугатарь С. А., Клименко З. К., Зыкова В. К. Модифицированная шкала оценки декоративности чайно-гибридных роз в условиях Южного берега Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2018. № 126. С. 37–42. DOI: 10.25684/NBG.boolt.126.2018.05.
8. Клименко З. К., Зыкова В. К., Александрова Л. М., Улановская И. В., Зубкова Н. В., Смыкова Н. В., Плугатарь С. А., Андрущенко З. П., Кравченко И. Н. Селекция цветочно-декоративных растений в Никитском ботаническом саду // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. Ялта, 2017. Т. 145. С. 26–33.
9. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Хризантема: отдельные виды. RTG 1019 RTG/26/2 от 19.11.2007 г. № 12-06/43 [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos> (дата обращения: 25.06.2020).
10. Пидгайная Е. С., Репецкая А. И., Маркина Л. А., Решетникова Л. Ф. Методика сортооценки хризантемы садовой с учетом направления использования // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 3 (15). С. 88–98. DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.10.
11. Реут А. А. Оценка декоративных качеств сортов пиона селекции Южно-Уральского ботанического сада // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 12-2 (56). С. 38–42.
12. Zhao Q., Fang W., Guan Z., Chen F., Teng N. Analysis of green-center characteristics and establishment of green-center comprehensive evaluation standard for 49 spray cut chrysanthemum cultivars // Acta Horticulturae Sinica. 2017. Vol. 44. Iss. 12. Pp. 2338–2350. DOI: 10.16420/j.issn.0513-353x.2017-0403.
13. Денисова С. Г., Реут А. А., Пятинина И. С. Сорта *Chrysanthemum coreanum* (Levl. & Vaniot) Nakai башкирской селекции при интродукции на Южном Урале // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3. С. 79–84.
14. Похлебина Д. С., Романова А. П., Умрихина В. В., Новак М. А. Водный режим и засухоустойчивость декоративных культур рода *Malus* в условиях Оренбуржья // Молодой ученый: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам VIII международной научно-практической конференции. Москва, 2016. С. 90–95.
15. Li P., Chen J., Li Y., Zhang K., Wang H. Possible mechanisms of control of Fusarium wilt of cut chrysanthemum by *Phanerochaete chrysosporium* in continuous cropping fields: a case study // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. Iss. 1. Pp. 15993–15994. DOI: 10.1002/adma.201104714.

Об авторах:

Светлана Галимулловна Денисова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, ORCID 0000-0002-9005-9377, Author ID 636056; +7 905 356-02-88, svetik-7808@mail.ru

Антонина Анатольевна Реут¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, ORCID 0000-0002-4809-6449, Author ID 625318; +7 917 465-18-89, cvetok.79@mail.ru

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

Evaluation of the varieties of *Chrysanthemum* × *hortorum* from the collection SUBGI UFRC RAS taking into account the direction of use

S. G. Denisova¹, A. A. Reut¹✉

¹ South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

Abstract. *Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey is a perennial plant of the Compositae family. Perhaps the most famous and demanded late-flowering culture, which is used both for landscaping the private sector and in the green construction of settlements. However, its use in the soil and climatic conditions of the Bashkir Ural is difficult due to the lack of varieties adapted to local conditions and a reasonable assortment. **The aim** of the study was a comprehensive assessment of varieties of chrysanthemum from the collection of the South-Ural Botanical Garden of Ufa, taking into account the directions of use. **Methods.** In accordance with the methodology of E. S. Pidgainaya and other authors plants went through two stages of analysis: at the first stage, the most decorative and stable varieties were identified; on the second, the perspective direction of use of each of them was determined. At the first stage, decorative (decorativeness of a bush, leaves, inflorescences; aroma; variety uniformity; abundance of flowering) and economically valuable (productivity and flowering duration; drought resistance; winter hardiness; resistance to adverse conditions, diseases and pests; intensity of vegetative reproduction) signs were assessed. **Results.** As a result of the analysis of the decorative qualities of 112 varieties of chrysanthemum, ten were identified (Aktanysh, Anyuta, Belosnezhka, Vecherniye Ogni, Opal, Pektoral, Rozovaya Mechta, Solnechnaya Feyeriya, Solnyshko, Ufimskaya Yubileynaya), which have a high decorative effect of the bush, a weak aroma and are characterized by abundant flowering; they are rated 49–50 points. 84 varieties are rated 40–48 points, they have less abundant flowering and a stronger aroma. According to economically valuable traits, the highest number of points (48–49) was awarded to 4 varieties (Aktanysh, Nezhnaya Muza, Akiwa Yellow, Kurochka Ryaba). The lowest total score (34) belongs to the variety Golden Dukat. As a result of the comprehensive assessment, 106 varieties were classified as highly promising, they scored more than 80 points; six varieties are promising, they are estimated at 60–80 points. Scientific novelty. At the second stage of the analysis, when determining a promising direction of use, it was revealed that most varieties (88) can be recommended for garden use and 25 for container crops.

Keywords: chrysanthemum, introduction, biology, decorative features, economically valuable qualities, direction of use.

For citation: Denisova S. G., Reut A. A. Otsenka sortov khrizantemy sadovoy kollektzii YuUBSI UFITs RAN s uchetom napravleniya ispol'zovaniya [Evaluation of the varieties of *Chrysanthemum* × *hortorum* from the collection SUBGI UFRC RAS taking into account the direction of use] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 64–73. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-64-73. (In Russian.)

Paper submitted: 15.01.2021.

References

1. Nedoluzhko A.I. Ispol'zovaniye mezhvidovoy gibrizatsii v selektsii adaptivnykh gibridov i sortov khrizantemy sadovoy (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) [Use of interspecific hybridization in the breeding of adaptive hybrids and sorts of garden chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)] // Vavilov journal of genetics and breeding. 2018. Vol. 22. No. 4. Pp. 476–483. DOI: 10.18699/VJ18.385. (In Russian.)
2. Denisova S. G., Reut A. A., Tukhvatullina L. A. Rezul'taty sortootsenki *Chrysanthemum* × *hortorum* v usloviyakh Yuzhnogo Urala [Results of variety evaluation of *Chrysanthemum* × *hortorum* in the South Ural] // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. No. 2 (82). Pp. 101–106. (In Russian.)
3. Tukach S. I. Modifikatsionnaya 100-ball'naya shkala otsenki predstaviteley roda *Zinnia* L. pri introduktsii v Predgornom Krymu [Modification 100-point scale for assessing representatives of the genus *Zinnia* L. during the introduction in the

Piedmont Crimea] // Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. Yalta, 2017. Vol. 145. Pp. 101–109. (In Russian.)

4. Kabanov A. V. Osobennosti podbora pozdno tsvetushchikh predstaviteley semeystva *Asteraceae* dlya gorodskogo ozeleneniya [Peculiarities of selection of late flowering representatives of the *Asteraceae* family for urban landscaping // Ekosistemy. 2019. No. 18 (48). Pp. 55–60. (In Russian.)

5. Smykova N. V. Novyye rayonirovannyye sorta krupnotsvetkovykh khrizantem selektsii nikitskogo botanicheskogo sada [New zoned varieties of large – flowered chrysanthemums of the Nikitsky Botanical Gardens' selection] // Subtropical and ornamental horticulture. 2018. № 67. Pp. 106–113. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-67-106-113. (In Russian.)

6. Matsneva A. E. Metodika sravnitel'noy sortootsenki dekorativnykh kul'tur [Methodology for comparative grading of ornamental crops] // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2020. No. 63-1. Pp. 14–18. DOI: 10.18411/lj-07-2020-04. (In Russian.)

7. Plugatar' S. A., Klimenko Z. K., Zykova V. K. Modifitsirovannaya shkala otsenki dekorativnosti chayno-gibridnykh roz v usloviyakh Yuzhnogo berega Kryma [Modified scale for assessing the decorativeness of hybrid tea roses in the conditions of the southern coast of Crimea] // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2018. No. 126. Pp. 37–42. DOI: 10.25684/NBG.bootl.126.2018.05. (In Russian.)

8. Klimenko Z. K., Zykova V. K., Aleksandrova L. M., Ulanovskaya I. V., Zubkova N. V., Smykova N. V., Plugatar' S. A., Andryushenkova Z. P., Kravchenko I. N. Seleksiya tsvetochno-dekorativnykh rasteniy v Nikitskom botanicheskom sadu [Selection of ornamental plants in the Nikitsky Botanical Garden] // Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. Yalta, 2017. Vol. 145. Pp. 26–33. (In Russian.)

9. Metodika provedeniya ispytaniy na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost'. Khrizantema: otdel'nyye vidy [Test procedure for distinctness, uniformity and stability. Chrysanthemum: selected species]. RTG 1019 RTG/26/2 dated November 19, 2007 No. 12-06/43 [e-resource]. URL: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos> (date of reference: 25.06.2020). (In Russian.)

10. Pidgainaya E. S., Repetskaya A. I., Markina L. A., Reshetnikova L. F. Metodika sortootsenki khrizantemy sadovoy s uchedom napravleniya ispol'zovaniya [Methodology for the variety assessment of garden chrysanthemum, taking into account the direction of use] // Taurida herald of the agrarian sciences. 2018. No. 3 (15). Pp. 88–98. DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.10. (In Russian.)

11. Reut A. A. Otsenka dekorativnykh kachestv sortov pionov, selektsii Yuzhno-Ural'skogo botanicheskogo sada [Evaluation of the decorative qualities of peony varieties, selection of the South-Ural Botanical Garden] // Aktual'nyye nauchnyye issledovaniya v sovremennom mire. 2019. № 12-2 (56). Pp. 38–42. (In Russian.)

12. Zhao Q., Fang W., Guan Z., Chen F., Teng N. Analysis of green-center characteristics and establishment of green-center comprehensive evaluation standard for 49 spray cut chrysanthemum cultivars // Acta Horticulturae Sinica. 2017. Vol. 44. Iss. 12. Pp. 2338–2350. DOI: 10.16420/j.issn.0513-353x.2017-0403.

13. Denisova S. G., Reut A. A., Pyatina I. S. Sorta *Chrysanthemum coreanum* (Levl. & Vaniot) Nakai bashkirkoy selektsii pri introduktsii na Yuzhnom Urale. [*Chrysanthemum coreanum* (Levl. & Vaniot) Nakai cultivars of Bashkir selection when introduced in the South Urals] // Izvestia of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. No. 3. Pp. 79–84. (In Russian.)

14. Pokhlebinina D. S., Romanova A. P., Umrikhina V. V., Novak M. A. Vodnyy rezhim i zasukhoustoychivost' dekorativnykh kul'tur roda *Malus* v usloviyakh Orenburzh'ya [Water regime and drought resistance of ornamental crops of the genus *Malus* in the conditions of the Orenburg region] // Molodoy uchenyy: vyzovy i perspektivy: sbornik statey po materialam VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moscow, 2016. Pp. 90–95. (In Russian.)

15. Li P., Chen J., Li Y., Zhang K., Wang H. Possible mechanisms of control of Fusarium wilt of cut chrysanthemum by *Phanerochaete chrysosporium* in continuous cropping fields: a case study // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. Iss. 1. Pp. 15993–15994. DOI: 10.1002/adma.201104714.

Authors' information:

Svetlana G. Denisova¹, candidate of biological sciences, senior researcher of the laboratory for the introduction and selection of floral plants, ORCID 0000-0002-9005-9377, Author ID 636056; +7 905 356-02-88, svetik-7808@mail.ru

Antonina A. Reut¹, candidate of biological sciences, leading researcher of the laboratory for the introduction and selection of floral plants ORCID 0000-0002-4809-6449, Author ID 625318; +7 917 465-18-89, cvetok.79@mail.ru

Новые параметры прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос

А. Ю. Криворучко¹, О. А. Яцык¹, А. А. Каниболоцкая¹✉

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, Ставрополь, Россия

✉ E-mail: dorohin.2012@inbox.ru

Аннотация. Для селекционной работы с целью повышения показателей продуктивности у овец, необходимо использовать наиболее информативные параметры экстерьера. Это диктует потребность в разработке новых подходов в оценке фенотипических параметров. **Цель** – определение новых промеров для прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос и исследование их значимости с использованием метода главных компонент. **Научная новизна.** Нами предложено несколько новых промеров для прижизненной оценки параметров мясной продуктивности и изучена возможность их использования у овец породы джалгинский меринос. **Методы.** Изучена возможность для прижизненного определения величины отдельных мышечных групп с использованием таких параметров, как обхват плеча, предплечья и бедра инструментальными методами, а также измерение параметров мышечного глазка, толщины бедренной мышцы и жира с помощью УЗИ. Для оценки значимости предлагаемых промеров по сравнению с применяемыми в существующей практике нами были применены метод главных компонент и корреляционный анализ. **Результаты.** Установлены пять главных компонент, которые определяют 70,3 % всей фенотипической изменчивости у овец породы джалгинский меринос. Они характеризуют размер передних конечностей, величину груди, параметры мышечного глазка, размер задних конечностей и толщину жира в поясничной области. Предложенные нами параметры обхвата плеча, предплечья и бедра показали высокую значимость при расчете компонент. Толщина бедренной мышцы оказалась мало значимым показателем. Также было выявлено, что большинство из используемых промеров достоверно не коррелируют между собой. Высокие положительные достоверные корреляции были обнаружены только между живой массой и среднесуточными привесами, толщиной и шириной мышечного глазка, обхватом плеча и высотой в крестце. Таким образом, нами было установлено, что для фенотипической оценки у овец породы джалгинский меринос в качестве дополнительных промеров целесообразно использовать обхват плеча, предплечья и бедра.

Ключевые слова: фенотипическая изменчивость, факторный анализ, овцы, мясная продуктивность, селекция и разведение животных, промеры тела, оценка, ультрасонография.

Для цитирования: Криворучко А. Ю., Яцык О. А., Каниболоцкая А. А. Новые параметры прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 74–84. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-74-84.

Дата поступления статьи: 20.12.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Длительное чистопородное разведение приводит к гено- и фенотипической однородности признаков животных, что становится причиной снижения изменчивости продуктивных качеств и качества селекционной работы. Это требует введения в практику новых параметров экстерьера, более точно характеризующих ценность породы и определяющих ее фенотипическую изменчивость в условиях высокой фенотипической однородности. Особенно это важно на современном этапе развития российского овцеводства, когда одной из главных задач для селекционеров стало улучшение мясной продуктивности отечественных пород [1, с. 13], [2, с. 121], [3, с. 1250].

В зарубежной овцеводческой практике для селекционного отбора используются преимущественно параметры прижизненной оценки мясной продуктивности, включающие определение объемов передних и задних конеч-

ностей инструментальными методами, а также изучение других мышечных тканей (толщина и ширина мышечного глазка, толщина жира в поясничной области) с помощью ультразвуковых сканеров. Эти методы показали высокий уровень точности оценки экстерьера, более полно характеризующий фенотипическую дисперсию разводимых пород и корреляцию с некоторыми уже используемыми параметрами мясной продуктивности [4, с. 1811], [5, с. 6], [6, с. 375], [7, с. 521-522], [8, с. 3582, 3583].

Разводимые в России породы, к которым относится джалгинский меринос, оцениваются по достаточно ограниченному количеству промеров, характеризующих прижизненные параметры мясной продуктивности. При этом многие из данных промеров утратили свою информативность в связи с селекционной работой, направленной на получение поголовья с однородными фенотипическими показателями. Это диктует необходимость введения в

практику отечественного овцеводства новых методов и критериев оценки животных, соответствующих международным стандартам и имеющих большую вариабельность [9, с. 15–16]

Каждый экстерьерный показатель вносит вклад в описание фенотипа, что достоверно можно представить с помощью математических методов. Для этого используется снижение размерности данных методом главных компонент (ГК/РС), так как для оценки фенотипа может быть использовано несколько десятков параметров. Первые главные компоненты (от двух до шести) не коррелируют друг с другом, объясняя фенотипическую дисперсию и выделяя наиболее ценные параметры, характеризующие продуктивную ценность породы (на 50–70 %). При этом становится возможным определить, какие признаки вносят наибольший вклад в формирование вектора компоненты, то есть являются значимыми при оценке экстерьера. Также с помощью этого метода можно выявить, какие из параметров не несут полезной информации при описании фенотипа [10, с. 332], [11, с. 26–27], [12, с. 126].

Таким образом, целью нашей работы стала разработка новых промеров для прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос и исследование их значимости с использованием метода главных компонент.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проводили в СПК «Племзавод Вторая Пятилетка» Ипатовского района Ставропольского края. Объектом исследования служили бараны ($n = 50$) породы джалгинский меринос (ДжМ) в возрасте одного года. Животные были клинически здоровы, содержались в оптимальных условиях, отвечающих зоотехническим нормам и зоогигиеническим требованиям. Рационы кормления овец составлялись по детализированным нормам с учетом пола и возраста [13, с. 203], [208].

Оценку мясной продуктивности проводили в соответствии с сертифицированными методиками, применяемыми при бонитировке [14, с. 1–49], [15, с. 1–29], [16, с. 1–58]. В качестве прижизненных параметров оценки роста и особенностей экстерьера использовались живая масса при рождении и в годовалом возрасте, среднесуточный прирост, высота в холке, высота в крестце, ширина спины и груди, глубина груди. Измерения проводились с помощью рулетки бонитировщика, измерительной ленты и тазомера. Предложенные нами параметры определялись по следующей методике. Обхват предплечья измеряли в области наибольшей толщины мышц предплечья. Обхват плеча определялся измерительной лентой в области границы между средней и нижней третями плечевой кости. Обхват бедра определяли также на границе между нижней и средней третями бедренной кости.

С помощью переносного аппарата УЗИ определяли толщину (ТМГ/МЕТ) и ширину мышечного глазка (ШМГ/МЕУ), толщину жира в поясничной области (ТЖ/ФТ). Толщину бедренной мышцы (ТБМ/ТМТ) определяли после выстригания шерсти на границе между нижней и средней третями латеральной поверхности бедра в проекции бедренной кости.

Статистическую обработку данных с подсчетом корреляций по методу Пирсона выполняли в программе Microsoft Excel 2016 (Microsoft, США). Достоверными считали значения при $P < 0,05$. Анализ главных компонент (principal component analysis, PCA) проводили с помощью надстройки ExStatR для Microsoft Excel 2016 (Microsoft, США). Визуализацию результатов анализа методом главных компонент выполняли с использованием плагина для языка R [11], [28].

Результаты (Results)

Не связанные друг с другом параметры экстерьера в совокупности дают наибольшую информацию о параметрах продуктивности, поэтому нами было проведено исследование корреляции между исследуемыми признаками. Оно показало, что наиболее высокая положительная связь имеется между живой массой и среднесуточным приростом (таблица 1). Несколько меньшая, но положительная связь выявлена между толщиной и шириной мышечного глазка. Умеренные достоверные прямые корреляционные связи обнаружены между высотой в крестце и холке с предложенными нами промерами: обхватом плеча, шириной спины и шириной груди, высотой в холке и глубиной груди, глубиной груди и обхватом предплечья, шириной груди и обхватом бедра. Отрицательная умеренная корреляция отмечена между высотой в холке и шириной спины, высотой в крестце и шириной груди, шириной спины и обхватом плеча/предплечья, высотой в крестце и обхватом бедра. Слабая, но тем не менее достоверная положительная связь выявлена между среднесуточным приростом и величиной живой массы с высотой в крестце. Обхват плеча и бедра, глубина груди, высота в крестце и холке также слабо коррелировали с обхватом предплечья. С подобными же показателями обхват плеча коррелировал с толщиной жира. Слабая отрицательная корреляция обнаружена нами между шириной спины и глубиной груди с высотой в крестце, шириной спины и обхватом плеча, обхватом плеча и обхватом бедра, глубиной груди и толщиной мышечного глазка. Остальные показатели, которые составляют большую часть из исследованных, достоверно между собой не коррелировали.

Для оценки значимости исследованных признаков при описании фенотипа животных нами был применен метод анализа главных компонент. Он показал, что общая фенотипическая изменчивость у овец породы джалгинский меринос описывается пятью главными компонентами, которые объясняют 70,3 % дисперсии признаков среди животных (рис. 1, таблица 2).

Первая главная компонента (ГК 1) описывает наибольший процент фенотипической изменчивости у овец породы джалгинский меринос. Эта компонента в целом характеризует параметр, который можно описать как «передние конечности». Наибольшим вкладом в составе компоненты обладают обхваты плеча и предплечья. Меньшими показателями характеризуются высота в крестце и холке, обхват предплечья. Наименьшее влияние на параметры первой компоненты оказывает живая масса и среднесуточные приросты, а также толщина бедренной мышцы (таблица 3).

Таблица 1
Величина коэффициента корреляции (над диагональю) и показатель достоверности (под диагональю) для параметров прижизненной оценки мясной продуктивности у овец породы джалгинский меринос

	ЖМ при рождении, кг ¹	ЖМ в год, кг ²	Среднесуточный прирост, кг ³	Высота в холке, см ⁵	Высота в холке, см ⁶	Ширина спины, см	Ширина на груди, см	Глубина на груди, см	Обхват плеча, см	Обхват предплечья, см ⁴	Обхват бедра, см	УЗИ			
												ТМГ	ШМГ	ТЖ	ТБМ
ЖМ при рождении, кг ¹		-0,09	-0,17	0,23	-0,04	-0,14	-0,22	0,1	0,06	0,17	-0,05	-0,19	-0,09	0,11	0,22
ЖМ в год, кг ²	0,53254		0,98	-0,12	0,28	0,1	0	-0,16	0,03	0	-0,05	-0,13	-0,23	-0,02	0,02
Среднесуточный прирост, кг ³	0,24745	P < 0,01		-0,14	0,28	0,11	0,02	-0,16	0,02	-0,01	-0,04	-0,12	-0,22	-0,03	0
Высота в холке, см	0,10566	0,4038	0,3415		0,09	-0,47	0,02	0,41	0,5	0,31	0	-0,17	-0,12	0,19	0,07
Высота в крестце, см	0,76203	P < 0,05	P < 0,05	0,53436		-0,34	-0,5	-0,3	0,64	0,27	-0,43	0,14	-0,04	0,02	-0,09
Ширина спины, см	0,34025	0,4770	0,4366	P < 0,01	P < 0,01		0,47	-0,02	-0,41	-0,52	0	0,14	0,16	-0,21	0,05
Ширина груди, см	0,1307	0,9963	0,9119	0,87215	P < 0,01	P < 0,01		0,15	-0,13	-0,23	0,48	0,06	0,27	0,04	0,02
Глубина груди, см	0,47044	0,2715	0,2521	P < 0,01	P < 0,05	0,87463	0,29323		-0,03	0,39	0,08	-0,27	-0,23	-0,02	0,25
Обхват плеча, см	0,66612	0,8539	0,8815	P < 0,01	P < 0,01	P < 0,01	0,38417	0,85787		0,3	-0,29	0,02	-0,07	0,29	-0,07
Обхват предплечья, см ⁴	0,23353	0,9750	0,9519	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,01	0,10108	P < 0,01	P < 0,05	P < 0,01	0,33	-0,05	-0,07	0,02	0,11
Обхват бедра, см	0,7321	0,7364	0,7589	0,98855	P < 0,01	0,99097	P < 0,01	0,57883	P < 0,05	P < 0,01	0,06	0,06	0,17	-0,02	-0,06
УЗИ	0,19593	0,4247	0,23302	0,32174	0,31824	0,69204	P < 0,05	0,8738	0,7243	0,6807		0,77	-0,12	-0,24	-0,24
	0,5312	0,1317	0,4054	0,78257	0,27120	0,05969	0,11464	0,6138	0,6339	0,2369	P < 0,01		0,02	-0,19	-0,19
	0,4372	0,9078	0,19296	0,88761	0,14164	0,77426	0,87189	P < 0,05	0,8712	0,9123	0,396	0,874		-0,09	-0,09
0,12909	0,8871	0,64109	0,52410	0,72736	0,88655	0,07613	0,6426	0,4340	0,7031	0,098	0,186	0,526			

Примечание. ¹ живая масса при рождении; ² живая масса в годовалом возрасте; ³ среднесуточный прирост; ⁴ обхват предплечья; ⁵ высота в холке; ⁶ высота в крестце.

Table 1
The value of the correlation coefficient (above the diagonal) and the reliability indicator (below the diagonal) for the parameters of the lifetime assessment of meat productivity in sheep of the Dzhalginskij Merino breed

	Live weight at birth, kg	Live weight per year, kg	Live weight at birth, kg	Average daily gain, g	Height at the withers, cm	Height at the sacrum, cm	Back width, cm	Chest width, cm	Chest depth, cm	Shoulder girth, cm	Forearm girth, cm	Thigh girth, cm	Ultrasound			
													MET	MEW	FT	TMT
Live weight at birth, kg		-0.09	0.23	-0.17	-0.04	-0.14	-0.22	0.1	0.06	0.17	-0.05	-0.19	-0.09	0.11	0.22	
Live weight per year, kg	0.53254		-0.12	0.98	0.28	0.1	0	-0.16	0.03	0	-0.05	-0.13	-0.23	-0.02	0.02	
Average daily gain, g	0.24745	P < 0.01	-0.14		0.28	0.11	0.02	-0.16	0.02	-0.01	-0.04	-0.12	-0.22	-0.03	0	
Height at the withers, cm	0.10566	0.4038			0.09	-0.47	0.02	0.41	0.5	0.31	0	-0.17	-0.12	0.19	0.07	
Height at the sacrum, cm	0.76203	P < 0.05	0.53436			-0.34	-0.5	-0.3	0.64	0.27	-0.43	0.14	-0.04	0.02	-0.09	
Back width, cm	0.34025	0.4770	P < 0.01	0.4366	P < 0.01		0.47	-0.02	-0.41	-0.52	0	0.14	0.16	-0.21	0.05	
Chest width, cm	0.1307	0.9963	0.87215	0.9119	P < 0.01	P < 0.01		0.15	-0.13	-0.23	0.48	0.06	0.27	0.04	0.02	
Chest depth, cm	0.47044	0.2715	P < 0.01	0.2521	P < 0.05	P < 0.05	0.29323		-0.03	0.39	0.08	-0.27	-0.23	-0.02	0.25	
Shoulder girth, cm	0.66612	0.8539	P < 0.01	0.8815	P < 0.01	P < 0.01	0.38417	0.85787		0.3	-0.29	0.02	-0.07	0.29	-0.07	
Forearm girth, cm	0.23353	0.9750	P < 0.05	0.9519	P < 0.05	P < 0.01	0.10108	P < 0.01	P < 0.05		0.33	-0.05	-0.07	0.02	0.11	
Thigh girth, cm	0.7321	0.7364	0.98855	0.7589	P < 0.01	0.99097	P < 0.01	0.57883	P < 0.05	P < 0.05		0.06	0.17	-0.02	-0.06	
Ultrasound	0.19593	0.4247	0.32174	0.23302	0.31824	0.69204	P < 0.05	0.8738	0.7243	0.6807		0.77	-0.12	-0.24	-0.24	
	0.5312	0.1317	0.78257	0.4054	0.27120	0.05969	0.11464	0.6138	0.6339	0.2369	P < 0.01		0.02	-0.19	-0.19	
	0.4372	0.9078	0.88761	0.19296	0.14164	0.77426	0.87189	P < 0.05	0.8712	0.9123	0.396	0.874		-0.09	-0.09	
0.12909	0.8871	0.9801	0.52410	0.64109	0.72736	0.88655	0.07613	0.6426	0.4340	0.7031	0.098	0.186	0.526			

Note. ¹ live weight at birth; ² live weight at one year of age; ³ average daily weight gain; ⁴ forearm girth; ⁵ height at the withers; ⁶ height at the sacrum

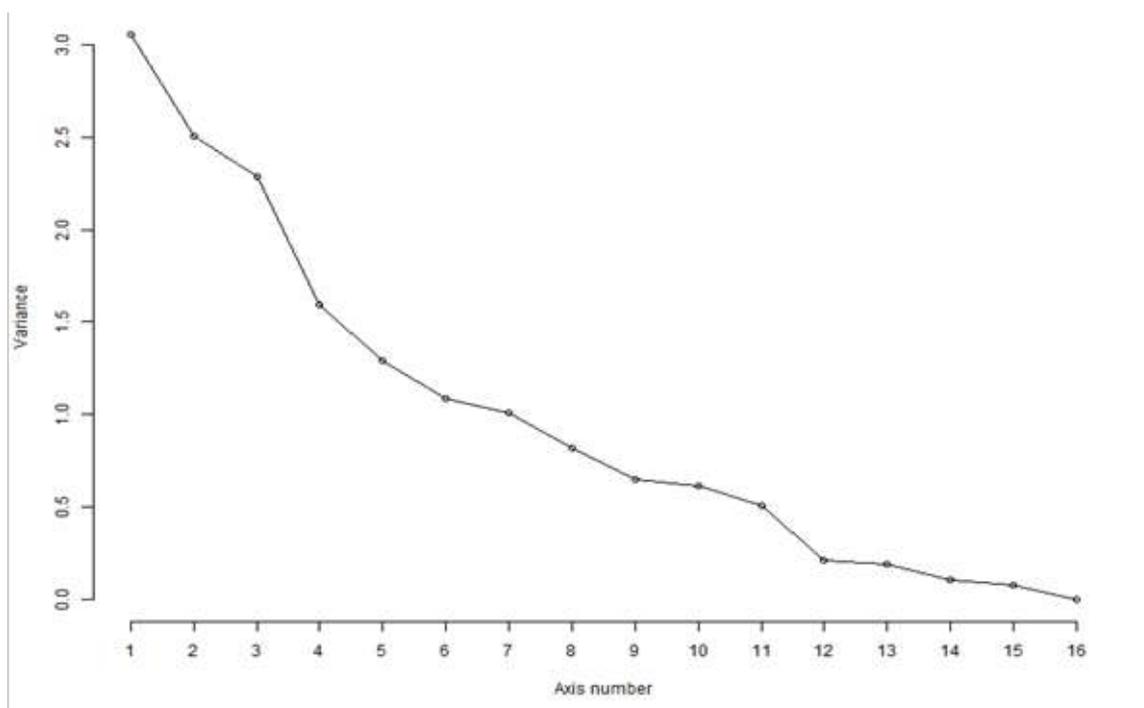


Рис. 1. Дисперсия по осям главных компонент параметров продуктивности у овец породы джалгинский меринос
 Fig. 1. Dispersion along the axes of the main components of productivity parameters in sheep of the Dzhalginskiy merino breed

Таблица 2

Параметры главных компонент (ГК) фенотипической изменчивости у овец породы джалгинский меринос

	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5
Описание компоненты	Передние конечности	Величина груди	Параметры мышечного глазка	Задние конечности	Толщина жира
Величина векторов компонент, ед.	3,06	2,49	2,18	1,60	1,24
Доля объясненной дисперсии, %	20,38	16,60	14,50	10,65	8,23

Table 2

Parameters of the principle components of phenotypic variability in sheep of the Dzhalginskiy merino breed

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Description of the component	Front limbs	Breast size	Muscular eye parameters	Hind limbs	Fat thickness
The magnitude of the vectors of the components, units	3,06	2,49	2,18	1,60	1,24
Share of variance explained, %	20,38	16,60	14,50	10,65	8,23

Вторая главная компонента (ГК 2) характеризует 16,6 % всей изменчивости внутри породы, что составляет 0,8 от показателя первой компоненты. Вторая компонента может быть определена как «величина груди». Животные имели наибольшую положительную нагрузку в таких показателях как высота в холке и глубина груди. Обхват бедра также имел достаточно большой вклад в формирование этой компоненты, почти такой же, как высота в холке. Минимальный вклад в состав второй компоненты внесли ультразвуковые параметры – толщина и ширина мышечного глазка, толщина бедренной мышцы, а также обхват плеча (таблица 3).

Третья главная компонента (ГК 3) определяет 14,5 % факторной нагрузки, что в 1,5 раза меньше нагрузки первой компоненты (таблица 2). Она интерпретируется как «параметры мышечного глазка». Наименьший вклад в формирование компоненты внесли живая масса при рождении, высота в холке, обхват бедра и предплечья.

Четвертая главная компонента (ГК 4) определяет 10,6 % фенотипической нагрузки, что составляет половину от значения первой компоненты. Однако в ее положительной составляющей присутствует достаточно большое количество параметров. Она интерпретирована нами как «задние конечности». Компонента в основном несет позитивные нагрузки для большинства показателей, одна-

Таблица 3
Вклад отдельных показателей фенотипа овец породы джалгинский меринос
в общее значение пяти главных компонент

Показатели	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5
Живая масса при рождении, кг	0,17776	0,194924	-0,07382	-0,18926	-0,05418
Живая масса баранов-годовиков, кг	0,068533	-0,4793	-0,30867	0,305109	-0,02002
Среднесуточный прирост баранов-годовиков, кг	0,054137	-0,48958	-0,29991	0,316683	-0,01564
Высота в холке, см	0,332777	0,275084	0,00487	0,213359	0,236739
Высота в крестце, см	0,356114	-0,3439	0,251941	0,008987	-0,1074
Ширина спины, см	-0,42235	-0,11419	-0,15053	-0,0919	0,120043
Ширина груди, см	-0,32855	0,14727	-0,12365	0,398067	0,345872
Глубина груди, см	0,103705	0,373167	-0,27759	0,121116	-0,06517
Обхват плеча, см	0,398413	-0,05677	0,232463	0,154058	0,291067
Обхват предплечья, см	0,321939	0,187907	0,00699	0,367079	-0,45019
Обхват бедра, см	-0,18804	0,23892	-0,08346	0,516653	-0,20275
Толщина мышечного глазка, мм	-0,19839	-0,08488	0,504194	0,176933	-0,20292
Ширина мышечного глазка, мм	-0,25319	0,038508	0,469061	0,22614	-0,06341
Толщина жира, мм	0,14474	0,061718	0,075289	0,132929	0,615949
Толщина бедренной мышцы, мм	0,063076	0,128639	-0,2998	-0,13454	-0,19355

Table 3
Contribution of individual phenotype indicators of Dzhalginskiy merino sheep
to the total value of the five principle components

indicators	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Live weight at birth, kg	0.17776	0.194924	-0.07382	-0.18926	-0.05418
Live weight per year, kg	0.068533	-0.4793	-0.30867	0.305109	-0.02002
Average daily gain, g	0.054137	-0.48958	-0.29991	0.316683	-0.01564
Height at the withers, cm	0.332777	0.275084	0.00487	0.213359	0.236739
Height at the sacrum, cm	0.356114	-0.3439	0.251941	0.008987	-0.1074
Back width, cm	-0.42235	-0.11419	-0.15053	-0.0919	0.120043
Chest width, cm	-0.32855	0.14727	-0.12365	0.398067	0.345872
Chest depth, cm	0.103705	0.373167	-0.27759	0.121116	-0.06517
Shoulder girth, cm	0.398413	-0.05677	0.232463	0.154058	0.291067
Forearm girth, cm	0.321939	0.187907	0.00699	0.367079	-0.45019
Thigh girth, cm	-0.18804	0.23892	-0.08346	0.516653	-0.20275
Muscular eye thickness, mm	-0.19839	-0.08488	0.504194	0.176933	-0.20292
Muscular eye width, mm	-0.25319	0.038508	0.469061	0.22614	-0.06341
Fat thickness, mm	0.14474	0.061718	0.075289	0.132929	0.615949
Femoral muscle thickness, mm	0.063076	0.128639	-0.2998	-0.13454	-0.19355

ко самыми высокими были значения для обхвата бедра. Положительный вклад отмечен для обхвата предплечья, а также ширины груди и среднесуточного прироста. Минимальный вклад в четвертую компоненту вносят высота в крестце и ширина груди, т. е. параметры размеров тела (таблица 3).

Пятая главная компонента (ГК 5) описывает 8,2 % фенотипической изменчивости, что составляет меньше половины от показателя первой компоненты. Она определена нами как «толщина жира», так как с большим отрывом наибольшее положительное влияние на ее формирование оказывает определяемый с помощью ультразвука параметр толщины жира в поясничной области. Высокие позитивные нагрузки отмечали для показателей ширины груди и обхвата плеча, а также высоты в холке. Наимень-

шее влияние на параметры пятой компоненты оказывают параметры живой массы как при рождении, так и в годовалом возрасте, а также величина среднесуточных привесов (рис. 1, таблица 3)

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Джалгинский меринос является перспективной породой для селекции с целью повышения ее мясной продуктивности. Животные крупные по размеру, крепкой конституции, выносливые. От овец этой породы получают не только шерсть высокого качества, но и мясо, что создает предпосылки для интенсивного отбора овец породы джалгинский меринос с более высоким мясным потенциалом, имеющим стойкую генетическую передачу [17, с. 34], [18, с. 3–4], [19, с. 58]. Отбор особей и оценку на мясность проводят по широкому ряду однородных признаков и ин-

дексов, среди которых прижизненная оценка представляет наибольшую значимость. Такой подход приводит к снижению фено- и генотипической изменчивости, усложняет отбор для последующей селекционной работы [2, с. 121], [20, с. 3].

Для прижизненной оценки мясной продуктивности нами было предложено определение величины отдельных мышечных групп у овец породы джалгинский меринос, таких как обхват плеча, предплечья и бедра, а также изменение толщины бедренной мышцы с помощью УЗИ. Для оценки значимости предлагаемых промеров по сравнению с применяемыми при оценке экстерьерных особенностей нами были применены метод главных компонент и корреляционный анализ. В результате проведенного исследования установлены пять главных компонент, которые определяют 70,3 % всей фенотипической изменчивости у овец породы джалгинский меринос. Они характеризуют размер передних конечностей, величину груди, параметры мышечного глазка, размер задних конечностей и толщину жира в поясничной области.

Первая главная компонента характеризует размер передних конечностей. При этом предложенные нами параметры – обхват плеча и предплечья – оказываются наиболее значимыми ее компонентами. В существующей практике передние конечности оценивают без инструментальных измерений, внешне определяя их постановку и формирование. Далее проводят послеубойную оценку передних конечностей, определяя массу и выход мякоти с плеча и предплечья [21, с. 10]. Как показывает зарубежная практика, прижизненная оценка таких параметров, как объем плеча и предплечья, является обязательной, более точно отражает связь с выходом мяса и локусами контролирующими мясную продуктивность у овец [4, с. 1810–1811]. Корреляционный анализ показал наличие умеренных достоверных прямых корреляционных связей параметров передних конечностей с показателями, характеризующими продуктивность овец породы джалгинский меринос. Выявлены положительные связи между обхватом плеча и предплечья с высотой в крестце и холке и отрицательные с шириной спины и груди.

Вторая главная компонента – величина груди. Положительные корреляции с этой компонентой наблюдались с высотой в холке и крестце, отрицательная связь с живой массой при рождении и у баранов в годовалом возрасте. Эти параметры используются при оценке экстерьера у овец шерстно-мясного направления, животные имеющие более высокие параметры груди и роста, относятся к высокому классу и отбираются для селекции [16, с. 1–58], [22, с. 62]. Важно, что предложенный нами параметр – обхват бедра – оказался значимым для формирования этой компоненты.

Параметры мышечного глазка были определены как третья главная компонента. Между шириной и глубиной мышечного глазка выявлена положительная высокая достоверная связь ($r^2 = 0,77$, $P < 0,01$). В зарубежной практике параметры мышечного глазка (глубина и ширина), определяемые прижизненно с помощью ультразвукового исследования, включены в наиболее ключевые индексы прижизненной оценки и прогнозирования мясной продук-

тивности овец мериносовых и мясных пород [8, с. 3582, 3583], [23, с. 1276–1277]. Это является предпосылкой для включения ультразвукового исследования мышечных волокон в отечественные программы для селекции по увеличению мясной продуктивности. Кроме этого, проведенное исследование показало, что с параметрами мышечного глазка очень слабо коррелируют другие показатели продуктивности.

Четвертая компонента характеризует задние конечности. Предложенный параметр обхвата бедра занимает ведущее место при формировании этой компоненты. Отдельно он прежде не рассматривался как параметр для прижизненного определения мясной продуктивности у овец, несмотря на высокую достоверную связь между свойствами бедренных мышц и мясной продуктивностью [24, с. 97], [25, с. 72, 73, 79], [26, с. 73–74]. Анализ корреляционных связей показал наличие достоверных положительных связей с параметрами, характеризующими мясную продуктивность: живая масса при рождении и у баранов в годовалом возрасте, ширина груди, обхват плеча и предплечья. Наиболее сильная связь образована между показателем живой массы при рождении и в год ($r^2 = 0,98$, $P < 0,01$), которые используются в отечественной овцеводческой практике при селекционном отборе на мясность [18, с. 4–5], [2, с. 125–126].

Толщина жира определена нами как пятая главная компонента. Толщину жира определяли на уровне между первым и вторым поясничными позвонками, именно в этой локации ультразвуковые измерения более точные и имеют высокий уровень корреляции с показателями в туше и наибольшую вариабельность [3, с. 1251]. Овцы породы джалгинский меринос отличаются равномерным распределением слоев подкожного и внутримышечного жира [27, с. 5–7], что еще раз подчеркивает важность определения этого параметра при оценке продуктивности.

Таким образом, предложенные нами параметры – обхваты плеча, предплечья и бедра – показали высокую значимость при расчете компонент. Выявленная закономерность указывает на необходимость их использования при бонитировке овец породы джалгинский меринос. Толщина бедренной мышцы оказалась малозначимым показателем и у овец данной породы измерять ее нет необходимости.

Минимальный вклад при определении фенотипической изменчивости внесли такие показатели, как живая масса при рождении и в возрасте 12 месяцев, среднесуточный прирост, высота в холке, высота в крестце, ширина спины и груди. Проведенный анализ главных компонент показал, что их оценка при селекционном отборе и геномных исследованиях имеет небольшое значение в определении мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос.

В зависимости от принятой стратегии увеличения мясной продуктивности можно использовать группы животных, обособленные на графике, выведенном по итогам анализа главных компонент, в пределах доминирующих векторов и коррелирующих признаков, для дальнейшего селективного отбора и геномного исследования [10, с. 333]. Выбранные на основании анализа главные компоненты использовать в качестве значимых и перспективных

селекционно-генетических параметров мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос. Использование при бонитировке новых параметров, определяющих фенотипическую изменчивость и играющих ключевую роль в формировании мясной продуктивности, будет способствовать интенсификации племенной работы и повышению точности оценки племенной ценности овец.

Для прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос предложено использовать несколько новых промеров: обхват плеча и предплечья, обхват бедра и толщина бедренной мышцы, определяемые при ультразвуковом исследовании. При сравнительном анализе значимости предлагаемых промеров методом главных компонент установлено, что 70,3 % всей фенотипической изменчивости определяются пятью главными компонентами. У овец породы джалгинский меринос эти компоненты характеризуют размер передних конечностей, величину груди, параметры мышечного глазка, размер за-

дних конечностей и толщину жира в поясничной области. Предложенные нами обхват плеча, предплечья и бедра показали высокую значимость при расчете компонент. Толщина бедренной мышцы оказалась мало значимой при оценке параметров продуктивности у обследованных животных. Выявлены высокие положительные достоверные корреляции между живой массой и среднесуточным приростом у баранов-годовиков ($r = 0,98, P < 0,01$); толщиной и шириной мышечного глазка ($r = 0,77, P < 0,01$); обхватом плеча и высотой в крестце ($r = 0,64, P < 0,01$). Минимальный вклад при определении фенотипической изменчивости внесли такие показатели, как живая масса при рождении и в годовалом возрасте, среднесуточный прирост, высота в холке, высота в крестце, ширина спины и груди. Их оценка при селекционном отборе и геномных исследованиях играет наименьшее значение в определении мясной продуктивности овец джалгинский меринос.

Библиографический список

1. Шацкий А. Д., Кравцевич В. П. Овцеводство: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Зоотехния» / Под ред. доктора сельскохозяйственных наук А. Д. Шацкого. Минск, 2016. 227 с.
2. Чернобай Е. Н., Антоненко Т. И., Ефимова Н. И., Гузенко В. И. Фенотипические корреляции и наследуемость признаков чистопородным и помесным молодняком с разной кровностью по австралийскому мясному мериносу // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 6. С. 121–126.
3. Scholz A. M., Bünger L., Kongsro J., Baulain U., Mitchell A. D. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review // *Animal*. 2015. Vol. 9. Iss. 07. Pp. 1250–1264. DOI: 10.1017/s1751731115000336.
4. Béréanos C., Ellis P. A., Pilkington J. G., Hong Lee S., Gratten J., Pemberton J. M. Heterogeneity of genetic architecture of body size traits in a free-living population // *Molecular Ecology*. 2015. Vol. 24. Iss. 8. Pp. 1810–1830. DOI: 10.1111/mec.13146.
5. Schaeffer L. R., Szkotnicki W. J. Genetic evaluations of sheep in Canada [e-resource]. University of Guelph, Guelph, Canada, 2015. URL: <http://www.aps.uoguelph.ca/~lrs/ELARES/GE2015.pdf> (дата обращения: 23.09.2020).
6. Rovadoscki G. A., Pertile S. F. N., Alvarenga A. B., Cesar A. S. M., Pértile F., Petrini J., ... Mourão G. B. Estimates of genomic heritability and genome-wide association study for fatty acids profile in Santa Inês sheep // *BMC Genomics*. 2018. Vol. 19. Iss. 1. DOI: 10.1186/s12864-018-4777-8.
7. Massender E., Brito L. F., Cánovas A., Baes C. F., Kennedy D., Schenkel F. S. A genetic evaluation of growth, ultrasound, and carcass traits at alternative slaughter endpoints in crossbred heavy lambs // *Journal of Animal Science*. 2018. T. 97. № 2. Pp. 521–535. DOI: 10.1093/jas/sky455.
8. Mortimer S. I., Fogarty N. M., van der Werf J. H. J., Brown D. J., Swan A. A., Jacob R. H., ... Pethick D. W. Genetic correlations between meat quality traits and growth and carcass traits in Merino sheep // *Journal of Animal Science*. 2018. T. 96. No. 9. Pp. 3582–3598. DOI: 10.1093/jas/sky232.
9. Баганов С. Д., Баранова И. А., Старостина О. С. Инновационные методы оценки телосложения крупного рогатого скота // Н 34 Научные инновации в развитии отраслей АПК: материалы Международной научно-практической конференции 18–21 февраля 2020 года, г. Ижевск. В 3 т. Ижевск, 2020. Т. 2. С. 15–17.
10. Li Z., Safo S. E., Long Q. Incorporating biological information in sparse principal component analysis with application to genomic data // *BMC Bioinformatics*. 2017. Vol. 18. P. 332. DOI: 10.1186/s12859-017-1740-7.
11. Новаковский А. Б. Взаимодействие Excel и статистического пакета R для обработки данных в экологии // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 3 (197). С. 26–33. DOI: 10.31140/j.vestnikib.2016.3(197).4.
12. Крамаренко А., Кузьмичева Н., Крамаренко С. Анализ главных компонент ростовых признаков южной мясной породы скота // *Știința agricolă*. 2018. № 1. С. 126–131.
13. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. 3-е изд., перераб. и доп. Москва, 2003. 456 с.
14. Буйлов С. В., Винников Н. И., Хамицаев В. С. Методика оценки мясной продуктивности овец. Дубровицы: ВИЖ, 1978. 49 с.
15. Методические рекомендации по раннему прогнозированию, отбору и выращиванию высокопродуктивных баранов-производителей тонкорунных и полутонкорунных пород [Электронный ресурс] / Сост.: В. А. Мороз [и др.]. Ставрополь, 2001. 29 с.
16. Порядок и условия проведения бонитировки племенных овец тонкорунных пород, полутонкорунных пород и пород мясного направления продуктивности. Москва: Росинформагротех, 2013. 58 с.

17. Сердюков И. Г., Абонеев В. В., Павлов М. Б., Павлов А. М., Марченко В. В. Мясная продуктивность баранчиков породы джалгинский меринос с различной тониной шерсти // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 1. С. 34–36.
18. Ковылкова И. Ю. Продуктивность и некоторые биологические особенности овец грозненской породы и помесей, полученных от их скрещивания с баранами джалгинский меринос: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2018. 32 с.
19. Яцык О. А. Сравнительная оценка показателей мясной продуктивности мериносовых овец российских пород // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 3 (23). С. 58–60.
20. Агаркова Н. А. Продуктивность и биологические особенности овец породы джалгинский меринос при внутри- и межлинейном подборе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ставрополь, 2020. 22 с.
21. Абонеев В. В., Квитко Ю. Д., Селькин И. И. [и др.] Методика оценки мясной продуктивности овец. Ставрополь, 2009. 34 с.
22. Гаглоев А. Ч., Негреева А. Н., Гаглоева Т. Н., Завьялова В. Г. Особенности телосложения потомства овец от разных вариантов подбора родительских пар // Наука и образование. 2019. Т. 2. № 2. С. 62.
23. Bautista-Díaz E., Mezo-Solis J. A., Herrera-Camacho J., Cruz-Hernández A., Gomez-Vazquez A., Tedeschi L. O., ... Chau-Canul A. J. Prediction of Carcass Traits of Hair Sheep Lambs Using Body Measurements // Animals. 2020. Vol. 10. Iss. 8. Pp. 1276–1287. DOI: 10.3390/ani10081276.
24. Созинова И. В., Малофеев Ю. М. Морфологические особенности четырехглавой мышцы бедра у овец западно-сибирской мясной породы в постнатальном онтогенезе // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 12 (134). С. 97–101.
25. Хайитов А. Х., Джураева У. Ш. Морфофизиологические закономерности роста костной и мышечной тканей у овец // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. Т. 3. № 48. С. 72–80.
26. Куликова А. Я., Ульянов А. Н. Особенности развития мышц и костей скелета у овец разной породности // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2017. Т. 6. № 1. С. 73–78.
27. Мельников А. Г. Мясная продуктивность баранчиков разных генотипов и потребительские свойства молодой баранины в условиях Нижнего Поволжья: дис. ... канд. биол. наук. Волгоград: Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, 2018. 116 с.
28. Шипунов А. Б., Балдин Е. М., Волкова П. А. и др. Наглядная статистика. Используем R [Электронный ресурс]. URL: <https://cran.r-project.org/doc/contrib/Shipunov-rbook.pdf> (дата обращения: 24.08.2020).

Об авторах:

Александр Юрьевич Криворучко¹, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0130-3639, AuthorID 186213; +7 918 881-43-27, rcvm@yandex.ru

Олеся Андреевна Яцык¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2730-2482, AuthorID 783775; +7 918-757-14-58, malteze@mail.ru

Анастасия Александровна Каниболоцкая¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-3003-4175, AuthorID 77137657191170559, +7 961-456-99-25, dorohin.2012@inbox.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, Ставрополь, Россия

New parameters of lifetime assessment of meat productivity of Dzhalginskiy merino sheep

A. Yu. Krivoruchko¹, O. A. Yatsyk¹, A. A. Kanibolotskaya¹✉

¹ All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasian Agrarian Center, Stavropol, Russia

✉ E-mail: dorohin.2012@inbox.ru

Abstract. For breeding work in order to increase productivity indicators in sheep, it is necessary to use the most informative exterior parameters. This dictates the need to develop new approaches to assessing phenotypic parameters. **Purpose.** Development of new parameters for live assessment of meat productivity of sheep of the Dzhalginskiy merino breed and study of their significance using the method of principal components. **Scientific novelty.** We have proposed several new parameters for the lifetime assessment of the parameters of meat productivity and studied the possibility of their use in sheep of the Dzhalginskiy merino breed. **Methods.** The possibility was studied for life determination of the size of individual muscle groups using such parameters as the girth of the shoulder, forearm and thigh by instrumental methods, as well as measuring the parameters of the muscle eye, the thickness of the femoral muscle and fat using ultrasound. To assess the significance of the proposed parameters, in comparison with those used in existing practice, we applied the principal component method and correlation analysis. **Results.** Five main components have been established, which determine 70, 3% of the total phenotypic variability in sheep of the Dzhalginskiy merino breed. They characterize the size of the forelimbs, the size of the chest, the parameters of the

muscular eye, the size of the hind limbs and the thickness of fat in the lumbar region. The parameters of the shoulder, forearm and hip girth we proposed showed high significance in the calculation of the components. The thickness of the femoral muscle was found to be of little significance. It was also found that most of the measurements used do not reliably correlate with each other. High positive significant correlations were found only between body weight and average daily weight gain, thickness and width of the muscle eye, shoulder girth and height at the sacrum. Thus, we have found that for the phenotypic assessment of the Dzhalginskiy merino sheep, it is advisable to use the girth of the shoulder, forearm and thigh as additional parameters.

Keywords: phenotypic variation, factor analysis, sheep, meat performance, animal breeding, body measurements, evaluation, ultrasonography.

For citation: Krivoruchko A. Yu., Yatsyk O. A., Kanibolotskaya A. A. Novye parametry prizhiznennoy otsenki myasnoy produktivnosti ovets porody dzhalginskiy merinos [New parameters of lifetime assessment of meat productivity of Dzhalginskiy merino sheep] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 74–84. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-74-84. (In Russian.)

Paper submitted: 20.12.2020.

References

1. Shatskiy A. D., Kravtsevich V. P. Ovtsevodstvo: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy po spetsial'nosti "Zootekhniya" [Sheep breeding: a textbook for students of higher educational institutions in the specialty "Zootechnics"]. Minsk, 2016. 227 p. (In Russian.)
2. Chernobay E. N., Antonenko T. I., Efimova N. I., Guzenko V. I. Fenotipicheskie korrelyatsii i nasleduemost' priznakov chistoporodnym i pomesnym molodnyakom s raznoy krovnost'yu po avstraliyskomu myasnomu merinosu [Phenotypic correlations and heritability of traits in purebred and crossbred young animals with different bloods according to the Australian meat merino] // Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2018. No. 6. Pp. 121–126. (In Russian.)
3. Scholz A. M., Bünger L., Kongsro J., Baulain U., Mitchell A. D. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review // Animal. 2015. Vol. 9. Iss. 07. Pp. 1250–1264. DOI: 10.1017/s1751731115000336.
4. Béréanos C., Ellis P. A., Pilkington J. G., Hong Lee S., Gratten J., Pemberton J. M. Heterogeneity of genetic architecture of body size traits in a free-living population // Molecular Ecology. 2015. Vol. 24. Iss. 8. Pp. 1810–1830. DOI: 10.1111/mec.13146.
5. Schaeffer L. R., Szkotnicki W. J. Genetic evaluations of sheep in Canada [e-resource]. University of Guelph, Guelph, Canada, 2015. URL: <http://www.aps.uoguelph.ca/~lrs/ELARES/GE2015.pdf> (data obrashcheniya: 23.09.2020).
6. Rovadoscki G. A., Pertile S. F. N., Alvarenga A. B., Cesar A. S. M., Pértille F., Petrini J., ... Mourão G. B. Estimates of genomic heritability and genome-wide association study for fatty acids profile in Santa Inês sheep // BMC Genomics. 2018. Vol. 19. Iss. 1. DOI: 10.1186/s12864-018-4777-8.
7. Massender E., Brito L. F., Cánovas A., Baes C. F., Kennedy D., Schenkel F. S. A genetic evaluation of growth, ultrasound, and carcass traits at alternative slaughter endpoints in crossbred heavy lambs // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 97. No. 2. Pp. 521–535. DOI: 10.1093/jas/sky455.
8. Mortimer S. I., Fogarty N. M., van der Werf J. H. J., Brown D. J., Swan A. A., Jacob R. H., ... Pethick D. W. Genetic correlations between meat quality traits and growth and carcass traits in Merino sheep // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96. No. 9. Pp. 3582–3598. DOI: 10.1093/jas/sky232.
9. Batanov S. D., Baranova I. A., Starostina O. S. Innovatsionnye metody otsenki teloslozheniya krupnogo rogatogo skota // Nauchnye innovatsii v razvitii otrasley APK: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 3 t. Izhevsk, 2020. T. 2. Pp. 15–17 (In Russian.)
10. Li Z., Safo S. E., Long Q. Incorporating biological information in sparse principal component analysis with application to genomic data // BMC Bioinformatics. 2017. Vol. 18. P. 332. DOI: 10.1186/s12859-017-1740-7.
11. Novakovskiy A. B. Vzaimodeystvie Excel i statisticheskogo paketa R dlya obrabotki dannykh v ekologii [Interaction of Excel and R statistical package for data processing in ecology] // Vestnik Insituta biologii Komi NC UrO RAN. 2016. No. 3 (197). Pp. 26–33. (In Russian.)
12. Kramarenko A., Kuz'micheva N., Kramarenko S. Analiz glavnykh komponent rostovykh priznakov yuzhnoy myasnoy porody skota [Analysis of the main components of growth characteristics of the southern beef cattle breed] // Ştiinţa agricolă. 2018. No. 1. Pp. 126–131. (In Russian.)
13. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: spravochnoe posobie [Norms and rations for feeding farm animals: handbook] / Under the editorship of A. P. Kalashnikov, V. I. Fisinin, V. V. Shcheglov, N. I. Kleymenov. 3-e izdanie pererab. i dop. Moscow: 2003. 456 p. (In Russian.)
14. Buylov S. V., Vinnikov N. I., Khamitsaev V. S. Metodika otsenki myasnoy produktivnosti ovets [Methodology for assessing the meat productivity of sheep]. Dubrovitsy: VIZh, 1978. 49 p. (In Russian.)
15. Metodicheskie rekomendatsii po rannemu prognozirovaniyu, otboru i vyrashchivaniyu vysokoproduktivnykh baranov-proizvoditeley tonkorunnykh i polutonkorunnykh porod [e-resource] [Methodical recommendations for early forecasting, selection and rearing of highly productive sheep-producers of fine-fleece and semi-fine-fleece breeds] / Compilers: V. A. Moroz, et al. Stavropol, 2001. 29 p. (In Russian.)

16. Poryadok i usloviya provedeniya bonitirovki plemennykh ovets tonkorunnykh porod, polutonkorunnykh porod i porod myasnogo napravleniya produktivnosti [The procedure and conditions for the appraisal of pedigree sheep of fine-wool breeds, semi-fine-wool breeds and breeds of meat productivity]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2013. 58 p (In Russian.)
17. Serdyukov I. G., Aboneev V. V., Pavlov M. B., Pavlov A. M., Marchenko V. V. Myasnaya produktivnost' baranchikov porody dzhalginskiy merinos s razlichnoy toninoy shersti [Meat productivity of Dzhalginskiy merino sheep with different wool fineness] // *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo*. 2017. No. 1. Pp. 34–36. (In Russian.)
18. Kovyilkova I. Yu. Produktivnost' i nekotorye biologicheskie osobennosti ovets groznenskoj porody i pomesey, poluchennykh ot ikh skreshchivaniya s baranami dzhalginskiy merinos: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Productivity and some biological characteristics of Grozny sheep and hybrids obtained from their crossing with rams Dzhalginskiy merino: dissertation abstract ... candidate of biological sciences]. Moscow, 2018. 32 p. (In Russian.)
19. Yatsyk O. A. Sravnitel'naya otsenka pokazateley myasnoy produktivnosti merinosovykh ovets rossiyskikh porod [Comparative assessment of the indicators of meat productivity of merino sheep of Russian breeds] // *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2017. No. 3 (23). Pp. 58–60. (In Russian.)
20. Agarkova N. A. Produktivnost' i biologicheskie osobennosti ovets porody dzhalginskiy merinos pri vnutri- i mezhtselnykh podbore: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. [Productivity and biological characteristics of sheep of the Dzhalginskiy merino breed with intra- and interline selection: dissertation abstract ... candidate of agricultural sciences]. Stavropol, 2020. 22 p. (In Russian.)
21. Aboneev V. V., Kvitko Yu. D., Sel'kin I. I., et al. Metodika otsenki myasnoy produktivnosti ovets [Methodology for assessing the meat productivity of sheep]. Stavropol, 2009. 34 p. (In Russian.)
22. Gagloev A. Ch., Negreeva A. N., Gagloeva T. N., Zav'yalova V. G. Osobennosti teloslozheniya potomstva ovets ot raznykh variantov podbora roditel'skikh par [Features of the constitution of the offspring of sheep from different options for the selection of parental pairs] // *Nauka i obrazovanie*. 2019. T. 2. No. 2. P. 62. (In Russian.)
23. Bautista-Díaz E., Mezo-Solis J. A., Herrera-Camacho J., Cruz-Hernández A., Gomez-Vazquez A., Tedeschi L. O., ... Chay-Canul A. J. Prediction of Carcass Traits of Hair Sheep Lambs Using Body Measurements // *Animals*. 2020. Vol. 10. Iss. 8. Pp. 1276–1287. DOI: 10.3390/ani10081276.
24. Sozinova I. V., Malofeev Yu. M. Morfologicheskie osobennosti chetyrekhglavoy myshtsy bedra u ovets zapadno-sibirskoy myasnoy porody v postnatal'nom ontogeneze [Features of the constitution of the offspring of sheep from different options for the selection of parental pairs] // *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2015. No. 12 (134). Pp. 97–101. (In Russian.)
25. Khayitov A. Kh., Dzhuraeva U. Sh. Morfofiziologicheskie zakonomernosti rosta kostnoy i myshechnoy tkaney u ovets [Morphophysiological regularities of bone and muscle tissue growth in sheep] // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. T. 3. No. 48. Pp. 72–80. (In Russian.)
26. Kulikova A. Ya., Ul'yanov A. N. Osobennosti razvitiya myshts i kostey skeleta u ovets raznoy porodnosti [Features of the development of muscles and bones of the skeleton in sheep of different breeds] // *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva*. 2017. T. 6. No. 1. Pp. 73–78. (In Russian.)
27. Mel'nikov A. G. Myasnaya produktivnost' baranchikov raznykh genotipov i potrebitel'skie svoystva molodoy baraniny v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya: dis. ... kand. biol. nauk [Meat productivity of rams of different genotypes and consumer properties of young mutton in the Lower Volga region: dissertation abstract ... candidate of biological sciences]. Volgograd: Povolzhskiy nauchno-issledovatel'skiy institut proizvodstva i pererabotki myasomolochnoy produktsii, 2018. 116 p. (In Russian.)
28. Shipunov A. B., Baldin E. M., Volkova P. A., et al. Naglyadnaya statistika. Ispol'zuem R [Visual statistics. We use R] [e-resource]. URL: <https://cran.r-project.org/doc/contrib/Shipunov-rbook.pdf> (date of reference: 24.08.2020). (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr Yu. Krivoruchko¹, doctor of biological sciences, chief researcher, ORCID 0000-0003-0130-3639, AuthorID 186213, +7 918 881-43-27, rcvm@yandex.ru

Olesya A. Yatsyk¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0003-2730-2482, AuthorID 783775, +7 918-757-14-58, malteze@mail.ru

Anastasia A. Kanibolotskaya¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0003-3003-4175, AuthorID 771376, +7 961-456-99-25, dorohin.2012@inbox.ru

¹ All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasian Agrarian Center, Stavropol, Russia

Содержание биологически активных веществ в зеленой массе многолетних луков (*Allium* L.)

Т. А. Кукушкина¹, Т. И. Фомина¹✉

¹ Центральный сибирский ботанический сад, Новосибирск, Россия

✉ E-mail: fomina-ti@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – определить содержание основных групп биологически активных веществ в зеленой массе 8 видов многолетних луков (*Allium* L.) в фазе цветения. **Методы.** Исследовали свежесобранное сырье – листья и цветочные стрелки *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel и *A. strictum* Schrader. Использовали общепринятые методы фитохимического анализа. Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья при 100–105 °С до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров и каротиноидов определяли спектрофотометрически, содержание аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом. Все биохимические показатели, кроме аскорбиновой кислоты, определены на массу абсолютно сухого сырья. **Результаты.** Установлено, что в зеленой массе цветущих растений луков содержится сухих веществ – до 28,3 %, флавонолов – до 1,8 %, танинов – до 6,3 %, пектиновых веществ – до 14,7 %, общих сахаров – до 42,9 %, аскорбиновой кислоты – до 105,4 мг%, каротиноидов – до 43,8 мг%. Содержание катехинов незначительное, на уровне 0,05–0,19 %. Наиболее высоким содержанием основных групп биологически активных веществ отличаются *A. flavum* и *A. obliquum*, а сравнительно низким – *A. ramosum* и *A. senescens* var. *glaucum*. **Научная новизна.** Количественное содержание катехинов, танинов, пектиновых веществ и каротиноидов определено у исследованных видов лука впервые. Полученные данные свидетельствуют о перспективности дикорастущих луков в качестве источника различных биоактивных соединений.

Ключевые слова: *Allium*, многолетние луки, биологически активные вещества, зеленая масса, цветение.

Для цитирования: Кукушкина Т. А., Фомина Т. И. Содержание биологически активных веществ в зеленой массе многолетних луков (*Allium* L.) // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-85-92.

Дата поступления статьи: 19.02.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Представители рода лук (*Allium* L.) с древних времен используются во всем мире как овощи, приправы и специи, а также в качестве лечебных средств в народной и традиционной медицине. Пищевая ценность луков обусловлена высоким содержанием углеводов, азотистых веществ, витаминов, минеральных солей и микроэлементов [1], [2]. Лечебно-профилактические свойства луков связаны с присутствием во всех органах различных групп биоактивных соединений: тиосульфидов, сапонинов, полифенолов, пищевых волокон, которые оказывают на организм человека выраженное и разностороннее воздействие [3–5]. Общеизвестны антимикробные, антифунгальные, противогельминтные свойства луков, тогда как современными исследованиями доказана их роль в защите от хронических заболеваний, вызванных окислительным стрессом [6–9]. Благодаря антиоксидантному эффекту луки могут использоваться также в пищевом производстве в качестве сырья для получения добавок, которые способствуют удлинению сроков хранения жиросодержащих продуктов [10]. Многие виды лука используются как декоративные растения [11].

Особый интерес для потребления в пищу представляют многолетние, в том числе дикорастущие луки. Они зимостойки, отрастают весной вскоре после схода снега и служат источником ранней витаминной зелени. Сочетание разных видов лука, отличающихся темпами сезонного развития, обеспечивает непрерывный конвейер в весенне-раннелетний период. Кроме того, многолетние луки весьма различаются по биохимическим показателям, что позволяет сбалансировать рацион питания путем потребления растений разных видов [12].

В фитохимическом отношении большинство дикорастущих видов *Allium* до сих пор слабо изучены, литературных сведений о количественном содержании и динамике вторичных метаболитов в различных органах луков недостаточно. Притом доступные данные по количественному содержанию биоактивных веществ в этих растениях значительно расходятся, что обусловлено происхождением материала, условиями выращивания, а также методами анализа сырья. Поэтому привлечение дикорастущих луков в коллекции способствует расширению исследований с перспективами введения в культуру как пищевых и лекарственных растений, сохранению их генофонда [13], [14].

Цель настоящего исследования – определить содержание основных групп биологически активных веществ в зеленой массе 8 видов многолетних луков (*Allium* L.) в фазе цветения.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование выполнено в коллекции декоративных видов природной флоры Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск). Объектами послужили 8 видов рода *Allium*: *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel и *A. strictum* Schrader. Луки выращиваются на открытом участке с естественным увлажнением, при посадке вносятся торфо-минеральная смесь, в течение сезона проводятся регулярные прополки и рыхление почвы в междурядьях (рис. 1).

Для фитохимического анализа использовали свежесобранное сырье. В фазе массового цветения срезали надземную часть 5–10 растений каждого вида, соцветия отделяли, анализу подвергали зеленую массу – листья и цветочные стрелки. В условиях западносибирской лесостепи изученные виды длительно вегетируют, большинство зацветают во второй половине июня, *A. flavum* – в середине июля, *A. nutans* – в начале августа. В связи с одновременностью наступления фазы цветения сбор сырья проводили в несколько этапов.

Содержание основных групп биоактивных веществ определяли с помощью общепринятых методов фитохимического анализа. Количество сухих веществ определяли однократно высушиванием 1 г сырья при 100–105 °С до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров определяли в этанольных экстрактах спектрофотометрически на приборах СФ-56 (Россия) и СФ Agilent 8453 (США).

Определение катехинов основано на их способности давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. Плотность раствора измеряли при длине волны 504 нм; содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину Sigma C-1788 (США). Количество флавонолов определяли по методу, основанному на реакции комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия. Плотность раствора измеряли при длине волны 415 нм; концентрацию флавонолов определяли по калибровочному графику, построенному по рутину. Содержание танинов (гидролизуемых дубильных веществ) устанавливали с использованием 2-процентного водного раствора аммония молибденовокислого. Интенсивность полученной окраски измеряли при длине волны 420 нм, расчет дубильных веществ производили по ГСО танина.

Для определения количества сахаров использовали метод, основанный на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида. Последний в присутствии желатина образует с сернокислым железом устойчивую синюю окраску, интенсивность которой измеряли при длине волны 690 нм. Количество сахаров определяли по калибровочному графику, построенному по глюкозе. Содержание пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) устанавливали бес-

карбазольным методом, основанным на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде. Для получения воспроизводимых результатов из сырья удаляли сахара. Плотность растворов измеряли при длине волны 480 нм; количество пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуриновой кислоте.

Суммарное содержание каротиноидов определяли в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрическим методом. Оптическую плотность раствора измеряли при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов *a* (662 нм) и *b* (644 нм), каротиноидов (440,5 нм). Расчет концентрации пигментов проводили по формулам: $Ca + Cb = 5,134D662 + 20,436D644$; $Скар = 4,695D440,5 - 0,268(Ca + Cb)$. Концентрацию в пробах аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом с использованием реакции Тильманса.

Все биохимические показатели, кроме аскорбиновой кислоты, рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. По каждому показателю, кроме сухих веществ, приведено среднее значение из трех параллельных определений.

Результаты (Results)

При оценке питательной ценности луков обычно определяют содержание сухих веществ, каротина, сахаров, аскорбиновой кислоты, макро- и микроэлементов. Нами впервые у представителей *Allium* определено содержание катехинов, танинов, пектиновых веществ, каротиноидов, а также получены данные по содержанию сухих веществ, флавонолов и общих сахаров в зеленой массе цветущих растений луков.

Установлено, что количество сухих веществ варьирует в широком диапазоне значений – от 9,0 % до 28,3 % при наибольших показателях у *A. flavum* и *A. strictum* (таблица 1). Виды с крупными, сочными листьями и стрелками (*A. altaicum*, *A. nutans*) отличаются пониженным содержанием сухих веществ. Для луков приводятся значения в пределах 9–19 % сухих веществ в зеленой массе, при этом основную их часть составляют углеводы [12], [15], [16].

При изучении биологической активности луков первостепенную роль отводят фенольным соединениям. Эти вещества активно участвуют в метаболизме растений как регуляторы роста, развития и репродукции, обеспечивая адаптацию видов к условиям произрастания. На организм человека они оказывают антиоксидантное и противовоспалительное действия [5]. Показано, что содержание полифенолов и уровень антиоксидантной активности растений *Allium* сильно коррелируют [6].

Нами определено содержание катехинов, флавонолов и танинов. Выявлено незначительное содержание катехинов у луков, на уровне 0,05–0,19 %. Количество флавонолов варьирует в пределах 0,2–1,8 % с большими значениями для *A. flavum* и *A. strictum*. Сравнительно бедна флавонолами надземная часть *A. ramosum*, *A. senescens* var. *glaucum* и *A. schoenoprasum*. Зеленая масса всех исследованных видов отличается высоким содержанием танинов – до 6,3 %. Содержание фенольных соединений колеблется по годам, но разнонаправленно и в различном диапазоне варьирования (20–70 % для флавонолов, 7–73 % для танинов), отражая неодинаковую реакцию видов на комплекс внешних факторов.



a)



b)



c)



d)

Рис. 1. Виды *Allium* в коллекции Центрального сибирского ботанического сада:
 а) *A. Nutans*; б) *A. altaicum* (B); в) *A. Strictum*; д) *A. schoenoprasum*
 Fig. 1. *Allium* species in the collection of the Central Siberian Botanical Garden: а) *A. Nutans*;
 б) *A. altaicum* (B); в) *A. Strictum*; д) *A. schoenoprasum*

Большое значение для здорового питания человека имеют пектиновые вещества, присутствующие в клеточных стенках растений и относящиеся к группе пищевых волокон. Они проявляют гастропротективное и антиканцерогенное действия, снижают уровень холестерина и сахара в крови, положительно влияют на организм как пребиотики. У растений эти метаболиты выполняют роль основных структурно-функциональных компонентов, а также участвуют в формировании засухо- и холодоустойчивости. Концентрация пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) в зеленой массе луков существенно варьирует – от 5,9 % до 14,7 %, с наибольшими значениями для *A. altaicum* и *A. flavum*. Индивидуальная изменчивость показателя, как правило, невысокая.

Биохимический анализ луков показал, что их зелень богата сахарами. Исследованные виды сильно различаются по сахаристости (рис. 2). Наибольшее значение показателя (до 42,9 %) определено для *A. altaicum*. Пониженным содержанием сахаров (на уровне 6–8 %) отличаются *A. flavum* и *A. strictum*. У остальных видов их количество колеблется в пределах 12–25 %. Полученные нами значения, как правило, ниже для 2018 г., который характеризовался холодным, избыточно влажным началом сезона (среднемесячная температура мая – 7 °С, месячная сумма осадков – 82 мм при норме 10,3 °С и 36 мм). Накопление сахаров в листьях также зависит от фазы развития, снижаясь в период цветения [17].

Таблица 1
Содержание биоактивных веществ в зеленой массе видов *Allium* в фазе цветения, 2017–2018 гг.

Вид	Сухие вещества	Катехины	Флавонолы	Танины	Пектиновые вещества
<i>A. altaicum</i>	9,0 ± 0,2	98,6 ± 1,5	0,78 ± 0,02	5,5 ± 0,2	13,9 ± 0,3
	10,3 ± 0,2	83,3 ± 0,9	0,97 ± 0,02	1,8 ± 0,1	11,7 ± 0,3
<i>A. flavum</i>	28,3 ± 0,4	73,2 ± 1,1	1,80 ± 0,06	2,8 ± 0,1	9,2 ± 0,2
	27,6 ± 0,4	45,4 ± 0,4	1,20 ± 0,03	2,3 ± 0,1	14,7 ± 0,4
<i>A. nutans</i>	11,0 ± 0,2	60,0 ± 1,4	0,95 ± 0,03	3,6 ± 0,1	7,7 ± 0,1
	10,0 ± 0,2	87,1 ± 0,9	0,76 ± 0,03	6,3 ± 0,2	7,7 ± 0,2
<i>A. obliquum</i>	11,7 ± 0,3	43,4 ± 0,7	1,11 ± 0,04	5,7 ± 0,2	9,0 ± 0,1
	11,9 ± 0,2	110,8 ± 2,4	0,78 ± 0,02	3,3 ± 0,1	9,5 ± 0,2
<i>A. ramosum</i>	17,5 ± 0,3	83,6 ± 0,5	0,63 ± 0,01	3,7 ± 0,1	5,9 ± 0,1
	18,6 ± 0,4	87,1 ± 0,6	0,19 ± 0,01	2,7 ± 0,1	6,1 ± 0,1
<i>A. schoenoprasum</i>	16,0 ± 0,3	58,3 ± 1,0	0,72 ± 0,01	4,8 ± 0,1	7,0 ± 0,2
	14,5 ± 0,3	78,1 ± 0,5	0,41 ± 0,01	5,1 ± 0,2	5,9 ± 0,2
<i>A. senescens</i> var. <i>glaucum</i>	12,0 ± 0,2	92,3 ± 1,1	0,57 ± 0,01	5,1 ± 0,2	6,8 ± 0,1
	14,9 ± 0,3	194,6 ± 3,8	0,32 ± 0,01	3,0 ± 0,1	7,4 ± 0,3
<i>A. strictum</i>	25,5 ± 0,5	54,1 ± 1,5	1,33 ± 0,01	3,7 ± 0,1	6,8 ± 0,1

Примечание. Значения даны в %, катехинов – в мг% на абсолютно сухую массу: над чертой – 2017 г., под чертой – 2018 г., для *A. strictum* – 2017 г.

Table 1
The content of bioactive substances in the green biomass of *Allium* during the flowering phase, 2017–2018

Species	Dry matter	Catechins	Flavonols	Tannins	Pectic substances
<i>A. altaicum</i>	9.0 ± 0.2	98.6 ± 1.5	0.78 ± 0.02	5.5 ± 0.2	13.9 ± 0.3
	10.3 ± 0.2	83.3 ± 0.9	0.97 ± 0.02	1.8 ± 0.1	11.7 ± 0.3
<i>A. flavum</i>	28.3 ± 0.4	73.2 ± 1.1	1.80 ± 0.06	2.8 ± 0.1	9.2 ± 0.2
	27.6 ± 0.4	45.4 ± 0.4	1.20 ± 0.03	2.3 ± 0.1	14.7 ± 0.4
<i>A. nutans</i>	11.0 ± 0.2	60.0 ± 1.4	0.95 ± 0.03	3.6 ± 0.1	7.7 ± 0.1
	10.0 ± 0.2	87.1 ± 0.9	0.76 ± 0.03	6.3 ± 0.2	7.7 ± 0.2
<i>A. obliquum</i>	11.7 ± 0.3	43.4 ± 0.7	1.11 ± 0.04	5.7 ± 0.2	9.0 ± 0.1
	11.9 ± 0.2	110.8 ± 2.4	0.78 ± 0.02	3.3 ± 0.1	9.5 ± 0.2
<i>A. ramosum</i>	17.5 ± 0.3	83.6 ± 0.5	0.63 ± 0.01	3.7 ± 0.1	5.9 ± 0.1
	18.6 ± 0.4	87.1 ± 0.6	0.19 ± 0.01	2.7 ± 0.1	6.1 ± 0.1
<i>A. schoenoprasum</i>	16.0 ± 0.3	58.3 ± 1.0	0.72 ± 0.01	4.8 ± 0.1	7.0 ± 0.2
	14.5 ± 0.3	78.1 ± 0.5	0.41 ± 0.01	5.1 ± 0.2	5.9 ± 0.2
<i>A. senescens</i> var. <i>glaucum</i>	12.0 ± 0.2	92.3 ± 1.1	0.57 ± 0.01	5.1 ± 0.2	6.8 ± 0.1
	14.9 ± 0.3	194.6 ± 3.8	0.32 ± 0.01	3.0 ± 0.1	7.4 ± 0.3
<i>A. strictum</i>	25.5 ± 0.5	54.1 ± 1.5	1.33 ± 0.01	3.7 ± 0.1	6.8 ± 0.1

Note. The values are given in %, and catechins in mg%, absolute dry weight: above the line are the data of 2017, below the line those of 2018, and for *A. strictum* – the data of 2017.

Луки относятся к числу ценных витаминосных растений, особенно по содержанию аскорбиновой кислоты. Считается, что антиоксидантные свойства природных фенольных соединений проявляются при взаимодействии с аскорбиновой кислотой. В то же время их присутствие способствует сохранению витамина С в продуктах питания и накоплению его в организме человека. В литературе отмечаются существенные колебания показателя в течение вегетационного периода, с максимальными значениями для молодых листьев и фазы стрелкования и их снижением до 1,5–2 раз в фазе цветения. Именующиеся сведения противоречивы. Например, в условиях Московской области, по одним данным [16], количество аскорбиновой кислоты в листьях многолетних луков весной составляло 119,4–131,8 мг% на сырую массу. Таким образом, при высоких значениях показателя его межвидовая вариабельность была низкой. Другими авторами [15] в листьях многолетних луков определено содержание витамина С на уровне 568–9980 мг% на сухую массу при огромных межвидовых различиях.

У исследованных нами луков его содержание варьирует в диапазоне 35–65 мг%, лишь у *A. strictum* существенно выше – 105,4 мг% (рис. 3). Как следует из представленных данных, уровень синтеза аскорбиновой кислоты в фазу цветения не очень высокий и различается по годам исследования, но у большинства видов незначительно.

Витаминная ценность луков также связана с присутствием в зеленой массе каротиноидов. В растениях они выступают участниками процессов фотосинтеза и фактором защиты от интенсивной инсоляции. По отношению к организму человека известно, что эта группа соединений обладает высокой антиоксидантной и антиканцерогенной активностью и при этом не вызывает гипервитаминоза. Интенсивность накопления каротиноидов весьма зависит от фазы развития растений, их локализации – наибольшая отмечена в листьях [4], а также от внешних условий, что подтверждается нашими данными (рис. 4). Максимальные значения получены для *A. flavum* (43,8 мг%) и *A. obliquum* (35,2 мг%) на фоне погодных условий 2017 г., более благоприятных для синтеза каротиноидов.

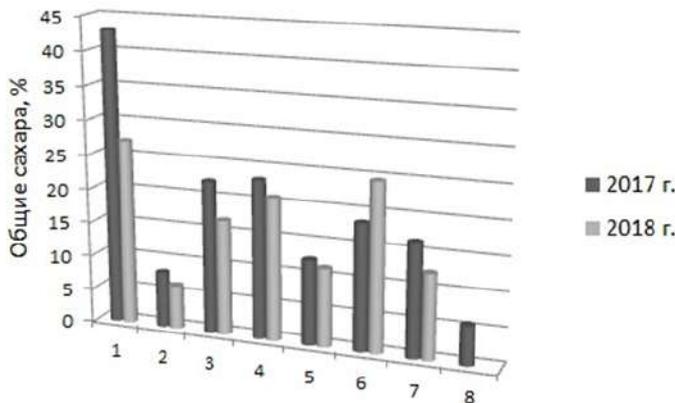


Рис. 2. Содержание общих сахаров в зеленой массе видов *Allium* в фазе цветения:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

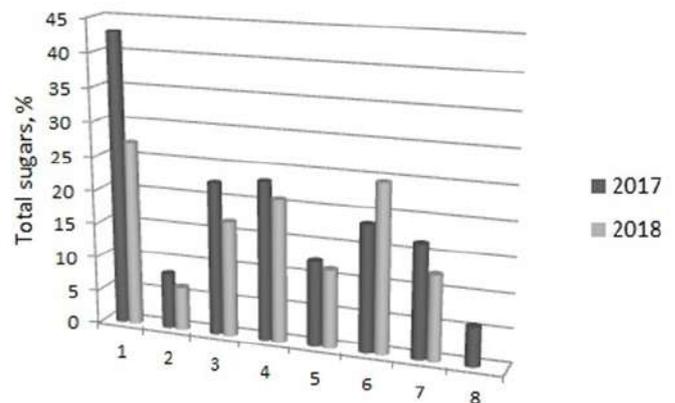


Fig. 2. The content of total sugars in the green biomass of *Allium* during the flowering phase:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

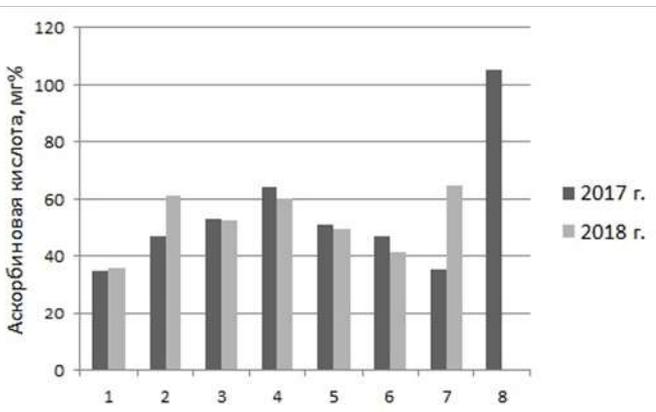


Рис. 3. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях и стрелках видов *Allium*:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

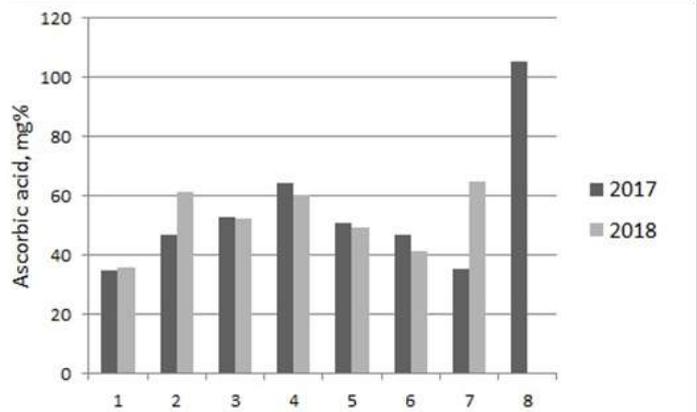


Fig. 3. Ascorbic acid content in the leaves and scapes of *Allium*:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*, 5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*, 7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Фитохимическое исследование зеленой массы многолетних луков в фазе цветения показало, что эти растения сравнительно богаты биоактивными веществами. Количество фенольных соединений (катехинов, флавонолов, танинов) составляет 2,88–7,19 %. По содержанию сахаров, во многом определяющим вкусовые достоинства луков, для большинства видов установлены высокие значения, на уровне 12–25 %. Питательные свойства луков также связаны с содержанием 5,9–14,7 % пектиновых веществ. Витаминная ценность зелени луков обусловлена содержанием аскорбиновой кислоты (в основном 35–65 мг %) и каротиноидов (до 43,8 мг %). Количество сухих веществ варьирует от 9,0 % до 28,3 %.

Индивидуальная вариабельность биохимических показателей (диапазон и направленность) весьма различается, отражая видовую специфику реакции луков на комплекс внешних условий вегетационного периода. Накопление сахаров и каротиноидов, как правило, проходило более интенсивно в благоприятных условиях сезона 2017 г. Содержание сухих и пектиновых веществ отличалось меньшей индивидуальной изменчивостью.

Выявлена значительная вариабельность содержания биоактивных веществ на межвидовом уровне. Среди исследованных видов *A. flavum* отличается наибольшим содержанием в листьях и стрелках сухих веществ, флавонолов, пектиновых веществ, каротиноидов, но в них мало танинов и сахаров. Зеленая масса цветущих растений *A. strictum* богата сухими веществами и витамином С, при этом сравнительно бедна по содержанию остальных групп вторичных метаболитов. *A. altaicum* содержит много сахаров, пектиновых веществ, танинов, а по количеству сухих веществ и аскорбиновой кислоты уступает другим видам. Из исследованных луков *A. ramosum* и *A. senescens var. glaucum* аккумулируют в фазе цветения заметно меньше биоактивных веществ. *A. obliquum*, *A. nutans* и *A. schoenoprasum* характеризуются средними значениями большинства показателей, при этом *A. obliquum* выделяется устойчиво высоким содержанием каротиноидов.

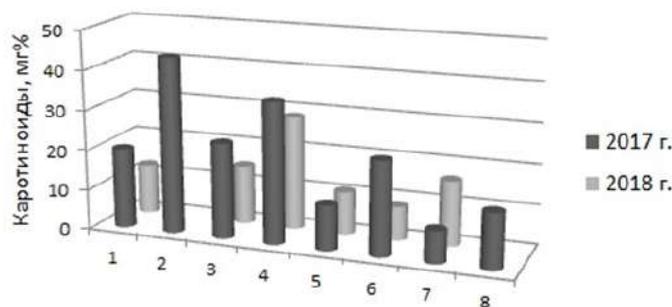


Рис. 4. Суммарное содержание каротиноидов в зеленой массе видов *Allium* в фазе цветения:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*,
5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*,
7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

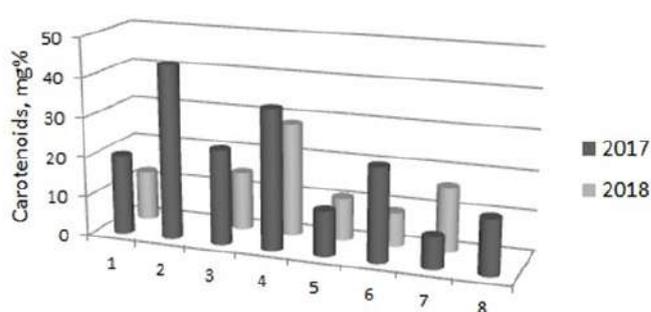


Fig. 4. Total carotenoids content in the green biomass of *Allium* during the flowering phase:

1 – *A. altaicum*, 2 – *A. flavum*, 3 – *A. nutans*, 4 – *A. obliquum*,
5 – *A. ramosum*, 6 – *A. schoenoprasum*,
7 – *A. senescens var. glaucum*, 8 – *A. strictum*

Таким образом, дикорастущие виды луков перспективны для культивирования с целью сохранения биоразнообразия, потребления для здорового питания, а также как источник различных биологически активных веществ. Формирование в условиях интродукции родового комплекса *Allium* позволяет комплексно подходить к исследованию полезных свойств многолетних луков и их рациональному использованию в качестве ценных ресурсных растений.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено в рамках государственного задания по проекту АААА-А21-121011290025-2 «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами». При подготовке статьи использовались материалы Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, УНУ «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», USU 440534.

Библиографический список

1. Тухватуллина Л. А., Абрамова Л. М. Биология и биохимия некоторых луков в башкирском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 185–188.
2. Голубев Ф. В., Голубкина Н. А. Дифференциация растений рода *Allium* L. по отношению к микроэлементам // Биогеохимия – научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека: труды XI Международной биогеохимической школы. Тула, 2019. С. 28–32.
3. Upadhyay R. K. Nutritional and therapeutic potential of *Allium* vegetables // Journal of Nutritional Therapeutics. 2017. Vol. 6. No. 1. Pp. 18–37.
4. Lachowicz S., Oszmiański J., Wiśniewski R. Determination of triterpenoids, carotenoids, chlorophylls, and antioxidant capacity in *Allium ursinum* L. at different times of harvesting and anatomical parts [Электронный ресурс] // European Food Research and Technology. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-018-3042-3> (дата обращения: 22.01.2021). DOI: 10.1007/s00217-018-3042-3.
5. Kothari D., Lee W. D., Kim S. K. *Allium* flavonols: health benefits, molecular targets, and bioavailability // Antioxidants (Basel). 2020. Vol. 9 (9). P. 888. DOI: 10.3390/antiox9090888.
6. Lenková M., Bystrická J., Tóth T., Hrstková M. Evaluation and comparison of the content of total polyphenols and antioxidant activity of selected species of the genus *Allium* // Journal of Central European Agriculture. 2016. Vol. 17. No. 4. Pp. 1119–1133. DOI: 10.5513/JCEA01/17.4.1820.
7. Sobolewska D., Michalska K., Podolak I., Grabowska K. Steroidal saponins from the genus *Allium* // Phytochemistry Reviews. 2016. Vol. 15. Pp. 1–35. DOI: 10.1007/s11101-014-9381-1.
8. Beretta H. V., Bannoud F., Insani M., Berli F., Hirschegger P., Galmarini C. R., Cavagnaro P. F. Relationships between bioactive compound content and the antiplatelet and antioxidant activities of six *Allium* vegetable species // Food Technology and Biotechnology. 2017. Vol. 55. No. 2. Pp. 266–275. DOI: 10.17113/ftb.55.02.17.4722.
9. Asemani Y., Zamani N., Bayat M., Amirghofran Z. *Allium* vegetables for possible future of cancer treatment // Phytotherapy Research. 2019. Vol. 33. No. 8. Pp. 1–21. DOI: 10.1002/ptr.6490.
10. Баженова Б. А., Егорова Р. А., Забалуева Ю. Ю., Бурханова А. Г. Состав и антиоксидантная активность лука угловатого (*Allium angulosum* L.), произрастающего в Прибайкальском регионе // Химия растительного сырья. 2020. № 3. С. 81–89. DOI: 10.14258/jcrpm.2020036549.
11. Середин Т. М., Иванова М. И., Шумилина В. В., Ушакова И. Т., Марчева М. М. Многолетние луки, используемые в пищевых, декоративных и лекарственных целях // Современное садоводство. 2020. № 1. С. 40–48.
12. Сачивко Т. В., Босак В. Н. Оценка хозяйственно полезных признаков многолетних луков // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. Гродно, 2016. С. 152–158.
13. Штайнерт Т. В., Алилуев А. В., Авдеенко Л. М., Гринберг Е. Г. Создание и использование генофонда луковых растений в Сибири // Овощи России. 2018. № 3. С. 16–21. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-3-16-21.

14. Фомина Т. И. Перспективные пищевые и декоративные дикорастущие виды *Allium* L. в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН [Электронный ресурс] // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2020. № 1 (33). С. 48–55. URL: http://vestospu.ru/eng_vers/archive/2020/articles/5_1_2020ang.html (дата обращения: 22.01.2021). DOI: 10.32516/2303-9922.2020.33.5.

15. Голубкина Н. А., Середин Т. М., Молчанова А. В., Кошелева О. В. Сравнительная оценка показателей антиоксидантной активности некоторых видов многолетних луков // Овощи России. 2018. № 5. С. 73–76. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-5-73-76.

16. Иванова М. И., Бухаров А. Ф., Балеев Д. Н., Бухарова А. Р., Кашлева А. И., Середин Т. М., Разин О. А. Биохимический состав листьев видов *Allium* L. в условиях Московской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. С. 47–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511.

17. Ширшова Т. И., Бешлей И. В., Голубкина Н. А., Голубев Ф. В., Ключиков Е. В., Черемушкина В. А. Эссенциальные микронутриенты – компоненты антиоксидантной защиты в некоторых видах рода *Allium* // Овощи России. 2019. № 1. С. 68–79. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-68-79.

Информация об авторах:

Татьяна Абдулхаиловна Кукушкина¹, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7235-9667, AuthorID 97898; +7 (383) 339-98-16

Татьяна Ивановна Фомина¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-4724-2480, AuthorID 164898; +7 (383) 339-97-96, fomina-ti@yandex.ru

¹Центральный сибирский ботанический сад, Новосибирск, Россия

The content of biologically active substances in the green biomass of perennial onions (*Allium* L.)

T. A. Kukushkina¹, T. I. Fomina¹✉

¹Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russia

✉E-mail: fomina-ti@yandex.ru

Abstract. The aim of the study was to determine the content of the main groups of biologically active substances in the green mass of 8 species of perennial onions (*Allium* L.) during flowering. **Methods.** The freshly collected raw materials – leaves and flower scapes in *A. altaicum* Pall., *A. flavum* L., *A. nutans* L., *A. obliquum* L., *A. ramosum* L., *A. schoenoprasum* L., *A. senescens* L. var. *glaucum* Regel and *A. strictum* Schrader were analyzed. We used the generally accepted methods of phytochemical analysis. The dry matter content was determined by drying 1 g of raw materials at 100–105 °C to constant weight. The amount of phenolic compounds, pectin substances, total sugars, and carotenoids was determined spectrophotometrically. The amount of ascorbic acid was determined by the titrimetric method. All biochemical indicators, except for ascorbic acid, were calculated on the absolutely dry weight. **Results.** It has been established that the green mass of onions during flowering phase contains: dry matter – up to 28.3 %, flavonols – up to 1.8 %, tannins – up to 6.3 %, pectin substances – up to 14.7 %, total sugars – up to 42.9 %, ascorbic acid – up to 105.4 mg %, and carotenoids – up to 43.8 mg %. The content of catechins is 0.05–0.19 %. *A. flavum* and *A. obliquum* have the highest contents of main groups of biologically active substances, and the relatively low indicators are in *A. ramosum* and *A. senescens* var. *glaucum*. **Scientific novelty.** The quantitative content of catechins, tannins, pectin substances and carotenoids was studied in the onion species for the first time. The findings testify to the prospects of perennial onions as a source of various bioactive compounds.

Keywords: *Allium*, perennial onions, biologically active substances, green biomass, flowering.

For citation: Kukushkina T. A., Fomina T. I. Soderzhanie biologicheskii aktivnykh veshchestv v zelenoy masse mnogoletnikh lukov (*Allium* L.) [The content of biologically active substances in the green biomass of perennial onions (*Allium* L.)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-85-92. (In Russian.)

Paper submitted: 19.02.2021.

References

1. Tukhvatullina L. A., Abramova L. M. Biologiya i biokhimiya nekotorykh lukov v bashkirskom Predural'ye [Biology and biochemistry of some onion varieties in Bashkir Cis-Urals] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No. 3 (59). Pp. 185–188. (In Russian.)
2. Golubev F. V., Golubkina N. A. Differentsiatsiya rasteniy roda *Allium* L. po otnosheniyu k mikroelementam [Differentiation of plants of genus *Allium* L. in relation to trace elements] // Biogeokhimiya – nauchnaya osnova ustoychivogo razvitiya i sokhraneniya zdorov'ya cheloveka: trudy XI Mezhdunarodnoy biogeokhimitskoy shkoly. Tula, 2019. Pp. 28–32. (In Russian.)

3. Upadhyay R. K. Nutritional and therapeutic potential of *Allium* vegetables // Journal of Nutritional Therapeutics. 2017. Vol. 6. No. 1. Pp. 18–37.
4. Lachowicz S., Oszmiański J., Wiśniewski R. Determination of triterpenoids, carotenoids, chlorophylls, and antioxidant capacity in *Allium ursinum* L. at different times of harvesting and anatomical parts [e-resource] // European Food Research and Technology. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-018-3042-3> (date of reference: 22.01.2021). DOI: 10.1007/s00217-018-3042-3.
5. Kothari D., Lee W. D., Kim S. K. *Allium* flavonols: health benefits, molecular targets, and bioavailability // Antioxidants (Basel). 2020. Vol. 9 (9). P. 888. DOI: 10.3390/antiox9090888.
6. Lenková M., Bystrická J., Tóth T., Hrstková M. Evaluation and comparison of the content of total polyphenols and antioxidant activity of selected species of the genus *Allium* // Journal of Central European Agriculture. 2016. Vol. 17. No. 4. Pp. 1119–1133. DOI: 10.5513/JCEA01/17.4.1820.
7. Sobolewska D., Michalska K., Podolak I., Grabowska K. Steroidal saponins from the genus *Allium* // Phytochemistry Reviews. 2016. Vol. 15. Pp. 1–35. DOI: 10.1007/s11101-014-9381-1.
8. Beretta H. V., Bannoud F., Insani M., Berli F., Hirschegger P., Galmarini C. R., Cavagnaro P. F. Relationships between bioactive compound content and the antiplatelet and antioxidant activities of six *Allium* vegetable species // Food Technology and Biotechnology. 2017. Vol. 55. No. 2. Pp. 266–275. DOI: 10.17113/ftb.55.02.17.4722.
9. Asemanni Y., Zamani N., Bayat M., Amirghofran Z. *Allium* vegetables for possible future of cancer treatment // Phytotherapy Research. 2019. Vol. 33. No. 8. Pp. 1–21. DOI: 10.1002/ptr.6490.
10. Bazhenova B. A., Egorova R. A., Zabalueva Yu. Yu., Burkhanova A. G. Sostav i antioksidantnaya aktivnost' luka uglovatogo (*Allium angulosum* L.), proizrastayushchego v Pribaykal'skom regione [Composition and antioxidant activity of onion angular (*Allium angulosum* L.), growing in the Baikal region] // Chemistry of plant raw material. 2020. No. 3. Pp. 81–89. DOI: 10.14258/jcprm.2020036549. (In Russian.)
11. Seredin T. M., Ivanova M. I., Shumilina V. V., Ushakova I. T., Marcheva M. M. Mnogoletniye luki, ispol'zuyemye v pishchevykh, dekorativnykh i lekarstvennykh tselyakh [Perennial onions for food, decorative and medicinal purposes] // Contemporary horticulture. 2020. No. 1. Pp. 40–48. (In Russian.)
12. Sachivko T. V., Bosak V. N. Otsenka khozyaystvenno poleznykh priznakov mnogoletnikh lukov [Evaluation of economically valuable species of perennial onions] // Sel'skoe khozyaystvo – problemy i perspektivy: sbornik nauchnykh trudov. Grodno, 2016. Pp. 152–158. (In Russian.)
13. Shtaynert T. V., Aliluev A. V., Avdeenko L. M., Grinberg E. G. Sozdanie i ispol'zovanie genofonda lukovykh rasteniy v Sibiri [Creation and use of the gene pool of onion plants in Siberia] // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 3. Pp. 16–21. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-3-16-21. (In Russian.)
14. Perspektivnye pishchevye i dekorativnye dikorastushchie vidy *Allium* L. v kollektzii Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada SO RAN [Promising food and decorative wild species of *Allium* L. in the collection of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS] [e-resource] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2020. No. 1 (33). Pp. 48–55. URL: http://vestospu.ru/eng_vers/archive/2020/articles/5_1_2020ang.html (date of reference: 22.01.2021). DOI: 10.32516/2303-9922.2020.33.5. (In Russian.)
15. Golubkina N. A., Seredin T. M., Molchanova A. V., Kosheleva O. V. Sravnitel'naya otsenka pokazateley antioksidantnoy aktivnosti nekotorykh vidov mnogoletnikh lukov [Comparative evaluation of antioxidant activity in several perennial onion] // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 5. Pp. 73–76. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-5-73-76. (In Russian.)
16. Ivanova M. I., Bukharov A. F., Baleev D. N., Bukharova A. R., Kashleva A. I., Seredin T. M., Razin O. A. Biokhimicheskiy sostav list'yev vidov *Allium* L. v usloviyakh Moskovskoy oblasti [The biochemical composition of *Allium* L. leaves under the environmental conditions of the Moscow region] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 5. Pp. 47–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511. (In Russian.)
17. Shirshova T. I., Beshley I. V., Golubkina N. A., Golubev F. V., Klyuykov E. V., Cheremushkina V. A. Essentsial'nyye mikrotriyenty – komponenty antioksidantnoy zashchity v nekotorykh vidakh roda *Allium* [Essential micronutrients – components of antioxidant protection in some species *Allium*] // Vegetable crops of Russia. 2019. No. 1. Pp. 68–79. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-68-79. (In Russian.)

Authors' information:

Tatyana A. Kukushkina¹, senior researcher, ORCID 0000-0002-7235-9667, AuthorID 97898; +7 (383) 339-98-16

Tatyana I. Fomina¹, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-4724-2480, AuthorID 164898; +7 (383) 339-97-96, fomina-ti@yandex.ru

¹ Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russia

The influence of biologically active additives on the morpho-biochemical parameters of the blood of broiler chickens

E. V. Shatskikh¹✉, D. E. Korolkova-Subbotkina¹, D. M. Galiev¹

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: evshackih@yandex.ru

Abstract. The introduction of synbiotics and phytobiotics into the diet allows us to optimize metabolism, increase the level of use of feed components, and activate immune processes in the body. **The purpose of the work** is to determine the effect of “GerbaStor” and “ProStor” feed additives, including probiotic, prebiotic and phytobiotic components, on the morphological and biochemical parameters of the blood of broiler chickens of the “Ross-308” cross. **Methods.** In the course of a scientific and economic experiment at the age of 29 days, blood was taken from 5 medium-sized broilers by decapitation to determine morphological and biochemical parameters. The blood test was carried out at the Clinical and Diagnostic Center in Ekaterinburg. The morphological examination of blood was carried out in the hemostasis laboratory, on an automatic analyzer ADVIA 120, manufactured by BAYER, as well as by manual counting of formed elements in the Goryaev chamber. A biochemical blood test was performed in a clinical diagnostic laboratory using a Vitros 350 analyzer. **Results.** The inclusion of “GerbaStor” and “ProStor” in the diet did not adversely affect the metabolic processes of the bird. Morpho-biochemical blood parameters were within physiological values. In the experimental groups was observed an improvement in the assimilation of protein nitrogen, it is evidenced by a decrease in uric acid in the blood serum. In addition, the use of the studied feed was accompanied by the activation of lipid metabolism in the body of birds, which was characterized by a tendency to reduce the amount of triglycerides in the blood serum in individuals of the 1st and 2nd experimental groups. The results of the study showed that when “ProStor” is introduced into the feed concentrate, there is a tendency of decreasing in the activity of transaminases in the body of broilers, which demonstrates a higher resistance of their internal organs, in particular the liver and heart, to unfavorable exogenous and endogenous influences. **The academic novelty** lies in the fact that new data were obtained on the influence of the studied feed factors, including probiotic, prebiotic and phytobiotic components, on the morpho-biochemical parameters of the blood of broiler chickens.

Keywords: morphological and biochemical parameters of blood, broiler chickens, synbiotics, phytobiotics.

For citation: Shatskikh E. V., Korolkova-Subbotkina D. E., Galiev D. M. The influence of biologically active additives on the morpho-biochemical parameters of the blood of broiler chickens // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 93–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-93-98. (In Russian.)

Paper submitted: 05.03.2021.

Introduction

It is a well-known fact that blood is an important medium for all cells and tissues of animals and birds. Thanks to the blood, there are transported oxygen and nutrients and there are removed metabolic products and carbon dioxide in the body [3]. Also, blood is called the liquid tissue of the body. Circulating through the vessels, it ensures the regulation of the hormonal system and creative connections, is the carrier of immunity factors.

According to V. A. Gudin, V. F. Lysov, V. I. Maksimov, the amount of blood in chickens is from 180 to 315 ml or from 8.5 to 13 % of body weight. 65–70 % of the blood takes part in the circulation in the general blood flow, the rest is deposited and is used only when necessary [7].

Poultry blood is characterized by a relatively constant composition, and the resulting quantitative changes in its components reflect the features of redox and metabolic processes in the body [11]. The conditions for feeding birds have a significant ef-

fect on the morphological and biochemical parameters of blood.

Today, the use of synbiotic and phytobiotic additives in poultry feeding with meat productivity is promising [4], [16], [17].

Synbiotics and phytobiotics are new generation additives that have a stimulating effect on the growth and development of poultry [2], [10], [12]. Their introduction into the diet allows to optimize metabolism, increase the level of use of feed components, and activate immune processes in the body [13], [14].

Synbiotics are commonly understood as feed additives, which include probiotics and prebiotics. The main purpose of using synbiotics in animal husbandry is to restore and maintain a healthy intestinal microflora.

Phytobiotics are natural composition additives, based on raw materials of plant origin. This type of supplement is effective as a means to maintain an optimal and stable state of the gastrointestinal tract [1], [5], [10], [15].

The above drugs include biologically active additives “GerbaStor” and “ProStor”.

“GerbaStor” contains live spore-forming bacteria of the genus *Bacillus* and lactic acid microorganisms, products of their metabolism (enzymes, organic acids, vitamins), fermented beet pulp, yeast autolysates, mineral salts, carbohydrates, herbal supplements (oregano herb, plantain leaf, chamomile flowers, herba hyperici).

The composition of the feed additive “ProStor” includes spore-forming microorganisms *Bacillus subtilis* auxiliary substances – fermented beet pulp, yeast autolysates, mineral salts, carbohydrates, phyto-additives (*Echinacea purpurea* herb, milk thistle fruits). The drugs are produced by LLC STC “BIO” by the method of microbiological synthesis.

Methods

The aim of the study was to determine the effect of feed additives “GerbaStor” and “ProStor” on the morphological and biochemical parameters of the blood of broiler chickens of the “Ross-308” cross.

The experimental part was carried out on the territory of the poultry house of the educational and experimental farm of the Ural State Agrarian University according to the scheme presented in table 1.

For the study there were formed three groups of poultry, 44 heads in each: control and two experimental. The average live weight of one chick in each group at the time of their formation was 42 g. From the 1st to the 5th day of life, all experimental birds received pre-starter compound feed. Starting from the 5th day, the diet of the 1st experimental group included the drug “GerbaStor” in the amount of 0.5 g per 1 kg of compound feed; the feed additive “ProStor” was introduced into the diet of the 2nd experimental group in the same dosage. For raising poultry, the same conditions were maintained throughout the experiment. At the age of 29 days, blood was taken from 5 average broilers in the group by decapitation to determine morphological and biochemical parameters. The blood test was carried out at the Clinical and Diagnostic Center of Ekaterinburg. The morphological examination of blood was carried out in the hemostasis laboratory, on an automatic analyzer ADVIA 120, manufactured by BAYER, as well as by manual counting of formed elements in the Goryaev chamber. A biochemical blood test was performed in a clinical diagnostic laboratory using a Vitros 350 analyzer (Ortho-Clinical Diagnostic, USA).

Results

The blood contains such shaped elements as: erythrocytes, leukocytes and platelets. The content of these elements is relatively constant.

Erythrocytes are red blood cells, have the shape of an ellipsoid, contain a nucleus, their formation in adult birds occurs in the red bone marrow from hemocytoblasts. The main function of erythrocytes is gas exchange. They carry out the transfer of O₂ from the lungs to the tissues of the body and the transport of

CO₂ back [7]. В таблице 2 представлены морфологические показатели крови цыплят-бройлеров.

The inclusion of experimental feed additives in the diet contributed to an increase in the number of erythrocytes in the poultry blood: the superiority in 1st and 2nd experimental groups in comparison with the control was 4.7 and 3.9 %, respectively. The ratio of erythrocytes to total blood volume, or hematocrit, in 1st and 2nd experimental groups was higher than in the control by 1.69 and 1.81 %, respectively.

When assessing the amount of hemoglobin in the blood of broilers, there was noted a tendency of its increase in experimental individuals. This indicates that the introduction of feed additives “GerbaStor” and “ProStor” influenced on the activation of redox processes in the body. The highest hemoglobin content was in chickens that received “ProStor”: the difference with the control group was 5.53 %. In the broilers of the 1st experimental group, who received “GerbaStor” with the main diet, the amount of hemoglobin in the blood was 4.3 % higher than in the control.

It is possible to determine the concentration of iron-containing protein in a red blood cell by the indicator - the average content of hemoglobin in one erythrocyte. This indicator in the 2nd experimental group was higher than in the control by 1.41 %, while in the 1st experimental group, on the contrary, it was lower in comparison with the control by 0.36 %. A similar situation was observed in the experimental groups with an average concentration of hemoglobin in the erythrocytes of the blood of chickens. In 1st experimental group, this indicator was lower than in the control group by 0.29 %, and in 2nd experimental group, on the contrary, it was higher than in the control group by 0.4 %.

Leukopoiesis is the formation of white blood cells. Leukocytes are called white blood cells that contain a nucleus and are characterized by an inconsistent shape. Their concentration can vary over a wide range. An increase can be observed even after ingestion of feed. After analyzing the morphological parameters of the blood of the experimental bird, it was found that leukopoiesis in the broilers of the experimental groups was enhanced. This is evidenced by the increase in the content of leukocytes in the 1st and 2nd experimental groups, in relation to the control by 8.03 and 14.75 %, respectively.

Monocytes are characterized by bactericidal and phagocytic abilities. An increase in their number occurs during inflammatory processes in the body. The function of lymphocytes is the formation of specific immunity, as well as the implementation of immune surveillance. Comparison of the percentage of different types of leukocytes in the blood of broilers showed that in all experimental groups the number of lymphocytes and monocytes was less than the control level: in 1st experimental group – by 5.2 and 1.0 %, in 2nd experimental group – by 11.8 and 0.6 %, respectively.

Table 1
Scheme of scientific and economic experience

Group	Number of heads	Feeding conditions
Control	♂ 22 ♀ 22	The basic diet (BD) is a compound feed with a nutritional value corresponding to the recommendations for cross-breeding.
1 st experienced	♂ 22 ♀ 22	BD + “GerbaStor” in the amount of 0.5 g/kg of compound feed, from the 5th day of growing until the end of the feeding period.
2 nd experienced	♂ 22 ♀ 22	BD + “ProStor” in the amount of 0.5 g/kg of compound feed, from the 5th day of growing until the end of the feeding period.

Table 2
Morphological parameters of blood of broiler chickens at the age of 29 days, $M \pm m$ ($n = 5$)

Indicator	Group		
	Control	1 st experienced	2 nd experienced
Red blood cells, $10^{12}/l$	3.38 ± 0.20	3.54 ± 0.13	3.51 ± 0.13
Average red blood cell volume, femtoliter (fl), or mm^3	121.84 ± 0.80	121.78 ± 1.2	138.94 ± 17.05
Distribution of red blood cells by volume, %	8.10 ± 0.07	8.04 ± 0.13	6.56 ± 1.78
Hematocrit (the ratio of red blood cells to total blood volume), %	36.31 ± 1.97	38 ± 1.24	38.12 ± 1.17
Hemoglobin, g/l	97.80 ± 5.44	102 ± 2.83	103.20 ± 3.07
Average hemoglobin content in one red blood cell, picogram (pg)	32.82 ± 0.15	32.70 ± 0.66	33.28 ± 0.35
White blood cells, $10^9/l$	269.40 ± 1.57	268.60 ± 3.31	270.40 ± 0.57
Lymphocytes, %	19.80 ± 1.87	21.39 ± 1.33	22.71 ± 1.96
Monocytes, %	66.80 ± 1.71	61.60 ± 2.71	$55 \pm 1.87^{**}$
Pseudoeosinophils, eosinophils, %	10.40 ± 1.89	9.40 ± 0.91	9.80 ± 0.55
Basophils, %	21.00 ± 0.87	$26.60 \pm 1.48^*$	$33.40 \pm 1.52^{***}$
ESR, mm/hour	1.80 ± 0.42	2.40 ± 0.57	1.80 ± 0.42
ESR, mm/hour	2.6 ± 0.45	2.4 ± 0.27	2.6 ± 0.45

The content of pseudo-eosinophils and eosinophils (in total) in the control group was at the level of 21.00 %. The use of the tested feed additives in the diet was accompanied by an increase in these groups of leukocytes in the blood of chickens: in the 1st experimental group – by 5.6 %, and in the 2nd experimental group – by 12.4 % ($P \leq 0.001$). These changes were within the standard values.

The function of basophils is the production of histamine and heparin, which in turn prevent blood coagulation, and also promote relaxation of capillaries, blood flow and resorption of inflammatory foci. The level of basophils in the blood of broilers of all groups corresponded to the physiological requirements for birds of this age and ranged from 1.8 to 2.4 %.

The erythrocyte sedimentation rate in the chickens involved in the experiment corresponded to the standard level and ranged from 2.4 to 2.6 mm/h.

Table 3 shows the data of biochemical parameters of the blood of broiler chickens at the age of 29 days.

Analyzing the content of total protein in the blood serum of meat poultry, it can be seen that the inclusion of the feed additive “GerbaStor” in the diet of the 1st experimental group contributed to its slight decrease in comparison with the control group – by 0.5 %. In the 2nd experimental group, the birds of which received a complex additive “ProStor”, including synbiotics and phytobiotics, in the composition of the feed, the total protein value tended to increase by 4.32 %. Indicators in the experimental groups corresponded to physiological norms.

The amount of albumin in the blood serum of the 1st experimental group was 3.11 % lower than the level of the control group. In 2nd experimental group, this indicator was the same as in the control group and amounted to 10.28 g/l.

The maximum amount of globulins was noted in the blood serum of broilers of the 2nd experimental group, which exceeded the control by 6.93 %. The level of globulins in chickens of the 1st experimental group slightly outstripped the control – by 1.06 %. The ratio of albumins to globulins – A/G index, was 0.60 in the control group; in 1st experimental group 0.58; in the 2nd experimental group – 0.57 units.

With protein metabolism in the body of the bird there is formed the final product – urea. It is represented by diamide of carbonic acid, which is formed in the liver in the process of neutralizing ammonia. The synthesis of urea is carried out by means of a special group of enzymes. In the blood and internal organs, it does not perform any functions. By the content of urea in the blood, the balance between the rate of synthesis in the liver and the rate of excretion by the kidneys in urine is assessed. Thanks to this compound, the safe excretion of nitrogen from the body is ensured. In the course of the study, it was found that the introduction of “GerbaStora” into the mixed feed of chickens from the 1st experimental group did not have any effect on this indicator, it was on the same level with the control and amounted to 0.26 mmol/l. At the same time, in the 2nd experimental group, there was a significant decrease in this metabolite in the blood serum of broilers in comparison with the control: the difference was 15.38 %. This allows us to say that in the body of the birds of the 2nd experimental group there was a decrease in catabolic processes and an increase in the degree of assimilation of nitrogen of free amino acids. All these factors have a positive effect on the productivity of broilers.

One of the chemical compounds in the body that is formed after the breakdown of proteins is creatinine. Thanks to this compound, bioenergetics is carried out at the level of mitochondria. The body ultimately does not use creatinine in any way, so it is excreted from it. With a high accumulation of it in the body, it begins to have a toxic effect.

Based on the data of scientific and economic experience, it can be seen that in birds of the 1st and 2nd experimental groups, the amount of creatinine was at the level of the control value, being in the range of 23.06–23.34 $\mu\text{mol}/l$, which corresponds to physiological norms.

The results of a biochemical study of blood serum showed that in broilers of all experimental groups, the amount of uric acid (the main end product of protein metabolism in birds) did not exceed the optimal level. At the same time, the lowest value of this metabolite was noted in the 2nd experimental group – 131.13 $\mu\text{mol}/l$, which is 33.36 % lower than the control. In 1st

experimental group, there was also a tendency to decrease this metabolite in the blood serum: the difference with the control was 26.45 %. The established changes in the content of uric acid in the blood serum of chickens from the experimental groups indicate that the bird began to better assimilate protein nitrogen. This is confirmed by a higher average daily gain in live weight of birds that received “GerbaStor” and “ProStor”, compared to control analogs by 2.1 and 1.8 % on average during the feeding period and a decrease in feed consumption per 1 kg of live weight gain by 1.14 and 2,8 % respectively. The level of carbohydrate metabolism was demonstrated by the serum glucose content. The role of this metabolite is energy and plastic functions in the body. A higher content of glucose in blood serum was noted in chickens of the 2nd experimental group – 14.29 mmol/l, which was 7.37 % higher than in the control. In the broilers of the 1st experimental group, the difference in this indicator with the control was insignificant – lower by 0.3 %.

Lipid metabolism was assessed by the concentration of such components as cholesterol and triglycerides in the blood serum of chickens. Cholesterol is found in all cells of living organisms, being necessary from the very beginning of development. Through homeostasis of the body, the level of this component is approximately at the same level under any exogenous influences [6]. In our studies, the level of cholesterol in birds of the control group was 2.94 mmol/l, in chickens of the 1st experimental group, its decrease was observed in relation to the control level by 6.46 %, and in the 2nd experimental group, the increase was by 12.59 %.

With regard to the content of triglycerides, a tendency of their decrease was established in chickens of the 1st and 2nd experimental groups, in comparison with the control, by 32.1 and 21.43 %, respectively, which indicates the activation of lipid metabolism in the body of the bird and is consistent with the studies of other authors [8], [9].

The enzymes ALAT and ACAT transport amino acids from one molecule to another [6]. Amino acids are needed to build proteins.

The obtained results indicate that the level of these enzymes did not differ significantly between the groups. There was a decrease in the level of ALAT in broiler chickens of the 2nd experimental group in comparison with the control by 8.55 % and an increase in chickens of the 1st experimental group by 19.7 %. Since this enzyme is synthesized in predominant amounts in liver cells, it can be assumed that there is less cellular damage in this organ in birds receiving “ProStor”.

Similar to the changes in ALAT, the activity of the ACAT enzyme in the blood serum of the chickens from the experimental groups changed. Its amount in the blood of broilers of the 2nd experimental group was less, compared with the control, by 6.73 %, and in broilers of the 1st experimental group, it exceeded the control value by 11.1 %.

During the analysis of the mineral composition of the blood serum of the experimental broilers, it was found that in all the birds participating in the experiment, the calcium level corresponded to the physiological norm, while in the experimental groups the content of this macroelement was lower than the control by 1.92–3.07 %. The amount of phosphorus in the blood of birds of the 1st and 2nd experimental groups exceeded the control value by 13.75 and 5.42 %. The content of potassium in the blood of the experimental birds ranged from 4.85 to 5.65 mmol/l, sodium in the range from 150.4 to 151.2 mmol/l and chlorine from 112.2 to 115.6 mmol/l. All indicators corresponded to physiological norms.

Discussion and Conclusion

The inclusion of feed additives “GerbaStor” and “ProStor” in the diet did not have a negative effect on metabolic processes in the body of birds: the analyzed morphological and biochemical blood parameters were within physiological norms. It was noted that against the background of the use of

Table 3
Biochemical composition of blood of broiler chickens at the age of 29 days, $M \pm m$ ($n = 5$)

Indicator	Group		
	Control	1 st experienced	2 nd experienced
Total protein, g/l	27.32 ± 1.52	27.18 ± 1.54	28.50 ± 1.62
Albumin, g/l	10.28 ± 0.58	9.96 ± 0.71	10.28 ± 0.36
Globulins, g/l	17.04 ± 0.96	17.22 ± 0.89	18.22 ± 1.33
A/G index	0.60 ± 0.01	0.58 ± 0.02	0.57 ± 0.03
Urea, mmol/l	0.26 ± 0.06	0.26 ± 0.06	0.22 ± 0.07
Creatinine, μmol/l	23.06 ± 0.90	23.06 ± 1.23	23.34 ± 1.27
Uric acid, mmol/l	196.80 ± 27.59	144.74 ± 35.97	131.13 ± 26.67
Glucose, mmol/l	13.31 ± 0.31	13.27 ± 0.26	14.29 ± 0.33
Cholesterol, mmol/l	2.94 ± 0.23	2.75 ± 0.24	3.31 ± 0.24
Triglycerides, mmol/l	0.56 ± 0.05	0.38 ± 0.06	0.44 ± 0.08
ALAT, IU/ml	2.34 ± 0.36	2.80 ± 0.44	2.14 ± 0.39
ASAT, IU/ml	583.82 ± 88.30	648.65 ± 82.43	544.52 ± 74.18
Calcium, mmol/l	2.60 ± 0.08	2.55 ± 0.05	2.52 ± 0.06
Phosphorus, mmol/l	2.40 ± 0.07	2.73 ± 0.19	2.53 ± 0.08
Potassium, mmol/l	5.65 ± 0.51	5.56 ± 0.31	4.85 ± 0.58
Sodium, mmol/l	150.60 ± 1.04	150.40 ± 1.79	151.20 ± 0.42
Chlorine, mmol/l	114.00 ± 0.94	112.2 ± 1.02	112.80 ± 0.74

supplements containing probiotics, prebiotics and phytobiotics, an improvement in the assimilation of protein nitrogen was observed in the experimental groups, as evidenced by a decrease in uric acid in the blood serum. In addition, the use of the studied feed was accompanied by the activation of lipid metabolism in the body of birds, which is characterized by a tendency to reduce the amount of triglycerides in the blood serum in individuals of the 1st and 2nd experimental groups. The results of the study showed that when “ProStor” is introduced into the feed concentrate, there is a tendency to a decrease in the activity of transaminases in the body of broilers, which demonstrates a higher resistance of their internal organs, in

particular the liver and heart, to unfavorable exogenous and endogenous influences.

All of the above served as a physiological and biochemical basis for increasing the productivity of broilers that received experimental feed preparations: the experimental chickens grew better and used feed concentrate economically.

Based on the obtained results, we recommend to include “GerbaStor” and “ProStor” feed additives in the compound feed for broiler chickens from the 5th day of growing until the end of the feeding period in the amount of 0.5 g/kg of feed concentrate.

References

1. Akhmedkhanova R. R., Alieva S. M., Gitinov M. M. Tselesoobraznost' primeneniya vodorosley v ptitsevodstve [Expediency of application of algae in poultry farming] // Nauchnyy faktor intensivifikatsii i povysheniya konkurentosposobnosti otrasley APK: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 80-letiyu fakul'teta biotekhnologii Dagestanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni M. M. Dzhambulatova. Makhachkala, 2017. Pp. 21–25. (In Russian.)
2. Bagno O. A., Prokhorov O. N., Shevchenko S. A., et al. Fitobiotiki v kormlenii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Phytobiotics in the feeding of agricultural animals] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2018. No. 4. Pp. 687–697. (In Russian.)
3. Bokhan P. D., Karpenko L. Yu., Bakhta A. N. Sravnitel'naya otsenka vliyaniya na gematologicheskiy status u tsyplyat-broylerov primeneniya simbiotikov i antibiotikov [Comparative assessment of the effect of the use of symbiotics and antibiotics on the hematological status of broiler chickens] // Mirovoe i rossiyskoe ptitsevodstvo: sostoyanie, dinamika razvitiya, innovatsionnye perspektivy: materialy XX Mezhdunarodnoy konferentsii. Sergiev Posad, 2020. Pp. 173–175. (In Russian.)
4. Buyarov V. S., Metasova S. Yu. Effektivnost' primeneniya sinbiotika “ProStor” v ptitsevodstve [The effectiveness of the use of synbiotic “ProStor” in poultry farming] // Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki. 2019. Pp. 408–421. DOI: 10.26907/2542-064X.2019.3.408-421. (In Russian.)
5. Buyarov V. S., Chervonova I. V., Mednova V. V., Il'icheva I. N. Effektivnost' primeneniya fitobiotikov v ptitsevodstve (obzor) [The effectiveness of antibiotics in poultry farming (review)] // Vestnik agrarnoy nauki. 2020. № 3. S.44-60. (In Russian.)
6. Golikov A.N., Bazanova N.U., Kozhebekov Z.K. [i dr.]. Fiziologiya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Physiology of farm animals]. Moscow: Agropromizdat, 1991. 432 p. (In Russian.)
7. Gudin V. A., Lysov V. F., Maksimov V. I. Fiziologiya i etologiya sel'skokhozyaystvennykh ptits [Physiology and ethology of farm birds]. Saint Petersburg: Lan', 2021. 333 p. (In Russian.)
8. Kazaryan R. V., Luk'yanenko M. V., Borodikhin A. S., Semenenko M. P., Miroshnichenko P. V. Issledovanie biokhimicheskikh pokazateley syvorotki krovi tsyplyat-broylerov, vyrashchennykh s primeneniem kompleksnoy kormovoy dobavki [Study of biochemical parameters of blood serum of broiler chickens raised with the use of a complex feed additive] // New technologies. 2018. No. 4. Pp. 209–215. (In Russian.)
9. Kishnyaykina E. A. Produktivnyy i fiziologicheskiy effekt biologicheskii aktivnykh veshchestv v sistemakh vyrashchivaniya tsyplyat-broylerov: dis. ... kand. s.-kh. nauk [Productive and physiological effect of biologically active substances in broiler chicken rearing systems: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Novosibirsk, 2019. 145 p. (In Russian.)
10. Kozыrev S. G., Gusova B. G., Urtaeva A. A., Seidov I. S., Dzhagaev A. A. Ispol'zovanie fitobiotikov pri vyrashchivanii broylerov [The use of antibiotics in broiler farming] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2018. Vol. 32. No. 7. Pp. 56–58. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10713. (In Russian.)
11. 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. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-5-43-48. (In Russian.)
12. Strel'nikova I. I., Kislitsyna N. A. Effektivnost' primeneniya fitobiotikov v ptitsevodstve [Effectiveness of antibiotics in poultry farming] // Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki. 2020. Vol. 6. No. 4 (24). Pp. 433–445. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-433-444. (In Russian.)
13. Suray P. F., Fisinin V. I., Kochish I. I. Ot regulyatsii vitagenov v optimizatsii immunnogo otveta: novye podkhody k immunnoregulyatsii v ptitsevodstve [From vitamin regulation to immune response optimization: new approaches to immunoregulation in poultry farming] // Mirovoe i rossiyskoe ptitsevodstvo: sostoyanie, dinamika razvitiya, innovatsionnye perspektivy: materialy XX Mezhdunarodnoy konferentsii. Sergiev Posad, 2020. Pp. 56–67. (In Russian.)
14. Shmakova S. V., Lantseva N. N. Perspektiva ispol'zovaniya fitobiotika v ratsionakh tsyplyat-broylerov [The prospect of using phytobiotics in the diets of broiler chickens] // Osnovy i perspektivy organicheskikh biotekhnologiy. 2020. No. 1. Pp. 48–51. (In Russian.)

15. Fisinin V. I., Ushakov A. S., Duskaev G. K., Kazachkova N. M., Nurzhanov B. S., et al. *Izmenenie immunologicheskikh i produktivnykh pokazateley u tsyplyat-broylerov pod vliyaniem biologicheskii aktivnykh veshchestv iz ekstrakta kory duba* [Changes in immunological and productive parameters in broiler chickens under the influence of biologically active substances from oak bark extract] // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2018. Vol. 53. No. 2. Pp. 385–392. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.385rus. (In Russian.)

16. Collins D. M., Gibson G. R. Probiotics, prebiotics and synbiotics: Approaches for modulating the microbial ecology of the gut // *American Journal of Clinical Nutrition*. 1999. Vol. 69. Pp. 1052S–1057S.

17. Hashemzadeh F., Rahimi S., Torshizi M. A., Masoudi A. A. Effects of probiotics and antibiotic supplementation on serum biochemistry and intestinal microflora in broiler chicks // *Agriculture and crop sciences*. 2013. No. 5 (20). Pp. 2394–2398.

Authors' information:

Elena V. Shatskikh¹, doctor of biological sciences, professor, ORCID 0000-0001-5086-6353, AuthorID; +7 922 107-67-92, evshackih@yandex.ru

Darya E Korolkova-Subbotkina¹, postgraduate, ORCID 0000-0001-5103-222; +7 950 638-32-55, korolkovadaria13@gmail.com

Danis M. Galiev¹, senior lecturer, ORCID 0000-0003-3008-5503; AuthorID 89807; +7 908 907-40-63, danigaliev@gmail.com

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



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:

A. V. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

O. A. Багрецова – ответственный редактор

A. V. Ерофеева – редактор

N. A. 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 Типографии «Амирит».

410004, г. Саратов, ул. им Чернышевского Н. Г., д. 88, литер У.

Подписано в печать: 10.04.2021 г. Усл. печ. л. 11,5. Авт. л. 10.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

