



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS

2022
№04 (219)

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

Сведения о редакционной коллегии

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

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
Р. З. Аббас, Сельскохозяйственный университет (Фейсалабад, Пакистан)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научный исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Кошаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Нежданов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
О. А. Рущицкая, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)
А. А. Стекольников, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

Irina M. Donn (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

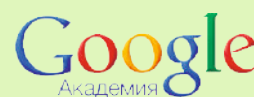
Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Rao Zahid Abbas, University of Agriculture (Faisalabad, Pakistan)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, “Uralplemtsentr” (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy G. Nezhdanov, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashetskii, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia
Olga A. Ruschitskaya, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed

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



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание

Агротехнологии

- Н. И. Касаткина, Ж. С. Нелюбина* 2
Влияние абиотических факторов
Среднего Предуралья на продуктивность
многолетних бобовых трав
- А. А. Козлов, Б. В. Романов, И. В. Сеферова* 14
Вегетационный период и основные
морфометрические признаки коллекционного
материала сои в условиях Приазовья
- А. А. Тедеева, В. В. Тедеева* 26
Применение регулятора роста
«Эдагум СМ» на посевах озимой пшеницы
в РСО-Алания

Биология и биотехнологии

- О. Ю. Васильева, С. Х. Вышегуров* 37
Использование цифровой фенотеки
травянистых растений
в декоративном растениеводстве
- Е. А. Вахонина* 48
Поиск оптимального способа
экстракции прополиса водой
- О. В. Горелик, О. П. Неверова,
А. С. Горелик, А. М. Нусупов* 60
Сравнительная оценка голштинских быков-
производителей разной селекции
по продуктивным качествам дочерей
- М. Н. Дрозд, В. М. Усевич* 73
Морфогистохимическая оценка влияния
кормовой минеральной добавки на органы
пищеварения при экспериментальной
иммуносупрессии у животных

Экономика

- И. В. Великанова, Т. А. Рожмина, Р. А. Попов* 82
Методические подходы и экономическое
обоснование лицензионных вознаграждений
за селекционные достижения
в льняном подкомплексе
- Чэнь Цюцзе* 93
Проблемы и перспективы сотрудничества
КНР и РФ в сельском хозяйстве

Contents

Agrotechnologies

- N. I. Kasatkina, Zh. S. Nelyubina*
The influence of abiotic factors
of the Middle Cis-Urals on productivity
of perennial legumes
- A. A. Kozlov, B. V. Romanov, I. V. Seferova*
Vegetation period and basic morphometric traits
of soybean germplasm in the conditions
of Azov region
- A. A. Tedeeva, V. V. Tedeeva*
Application of the growth regulator
“Edagum SM” on winter wheat crops
in the Republic of North Ossetia – Alania

Biology and biotechnologies

- O. Yu. Vasilyeva, S. Kh. Vyshegurov*
The use of a digital phenological library
of herbaceous plants
in ornamental plant growing
- E. A. Vakhonina*
Finding the optimal method
of extracting propolis with water
- O. V. Gorelik, O. P. Neverova,
A. S. Gorelik, A. M. Nusupov*
Comparative evaluation of Holstein bulls-
producers of different breeding
on the productive qualities of daughters
- M. N. Drozd, V. M. Usevich*
Morphohistochemical assessment
of the effect of a feed mineral supplement
on the digestive organs during experimental
immunosuppression in animals

Economy

- I. V. Velikanova, T. A. Rozhmina, R. A. Popov*
Methodological approaches
and economic justification
of licensing fees for breeding achievements
in the flax subcomplex
- Chen Qiuji*
Problems and prospects of cooperation
between China and Russia in agriculture

Влияние абиотических факторов Среднего Предуралья на продуктивность многолетних бобовых трав

Н. И. Касаткина¹✉, Ж. С. Нелюбина¹

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

✉ E-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Аннотация. Цель исследований – изучение влияния абиотических условий и возраста травостоя козлятника восточного и лядвенца рогатого на их кормовую и семенную продуктивность в Среднем Предуралье. **Методы исследований.** Анализ влияния изучаемых факторов на урожайность сухой надземной биомассы и семян козлятника Гале и лядвенца Солнышко был проведен на основе результатов полевых экспериментов, заложенных в Удмуртском НИИСХ УдмФИЦ УрО РАН в 1995–2005 и 2010–2017 гг. Для оценки влияния условий увлажнения вегетационных периодов на продуктивность трав использовали гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова. **Научная новизна.** В условиях Среднего Предуралья выявлена зависимость кормовой и семенной продуктивности козлятника восточного и лядвенца рогатого от условий увлажнения вегетационного периода и возраста травостоя. **Результаты.** Установлено, что кормовая (8,5 т/га) и семенная (250 кг/га) продуктивность козлятника восточного в течение 10 лет исследований оставалась на достаточно высоком уровне. Лядвенец рогатый наибольшую урожайность сухого вещества 3,8–6,4 т/га формировал во 2–4-й годы пользования травостоем. Высокая урожайность семян (304 и 163 кг/га соответственно) была получена в 1-й и 2-й годы пользования. Козлятник обеспечивал высокую урожайность сухого вещества и семян как в засушливые (ГТК = 0,69), так и в относительно влажные (ГТК = 1,50...1,69) годы. Лядвенец также способен формировать сбор сухого вещества на уровне 4,4–6,4 т/га и в засушливых условиях (ГТК = 0,67...0,87), и при избыточном увлажнении (ГТК = 1,67...1,97). Семенная продуктивность данной культуры была зависима от абиотических условий вегетационного периода. Получению высокой урожайности семян лядвенца способствовали засушливые условия вегетационного периода, особенно в фазе цветения – созревания семян. Для формирования урожайности семян не менее 300 кг/га необходима продолжительность фазы созревания семян не более 30 суток со среднесуточной температурой воздуха в данной фазе 20 °С, суммой осадков 120 мм и ГТК не более 1,4. **Ключевые слова:** козлятник восточный, лядвенец рогатый, абиотические условия, возраст травостоя, гидротермический коэффициент, сбор сухого вещества, урожайность семян, корреляция.

Для цитирования: Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Влияние абиотических факторов Среднего Предуралья на продуктивность многолетних бобовых трав // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-2-13.

Дата поступления статьи: 24.02.2022, **дата рецензирования:** 04.03.2022, **дата принятия:** 10.03.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Козлятник восточный (*Galéga orientális* Lam.) и лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) являются ценными, но пока малораспространенными видами многолетних бобовых культур. Их основные достоинства – продуктивное долголетие, высокая зимостойкость, устойчивость к засухе и болезням, высокое качество корма [1, с. 8–9; 2, с. 5; 3; 4, с. 107, 117; 5, с. 31]. Козлятник и лядвенец относятся к группе поликарпических видов, их биологической особенностью является побегообразование и рост в течение всего вегетационного периода [5, с. 31]. Так, козлятник формирует большой куст, обра-

зую 10–18 стеблей высотой 80–135 см, накапливает большую растительную массу (30–35 т/га). С возрастом травостой козлятника еще более загущается, посевы становятся сплошными [2, с. 5; 4, с. 107]. Лядвенец рогатый также постоянно образует новые побеги от корневой шейки, при этом продолжается активное ветвление и рост стеблей с уже сформировавшимися бобами [5, с. 32; 6, с. 20; 7, с. 78]. Способность лядвенца к побегообразованию очень высокая, на 3–4-й год жизни на кусте может сформировать 180–240 побегов [1, с. 19; 8, с. 39]. Листья козлятника и лядвенца остаются зелеными до созревания семян, что усложняет их

уборку на семена и создает дополнительные трудности для работы комбайнов, особенно в условиях влажного вегетационного периода [9, с. 410]. В связи с этим отмечается высокая вариабельность семенной продуктивности этих культур, особенно лядвенца рогатого, обусловленная как их биологическими особенностями, так и влиянием абиотических условий вегетационного периода [5, с. 35; 6, с. 23; 10, с. 24; 11, с. 272]. Так, уровень вариации урожайности семян лядвенца рогатого по годам может достигать 89 % [6, с. 23]. Влияние погодных условий на продуктивность сельскохозяйственных культур выявлено многими учеными [12, с. 163; 13, с. 31; 14, с. 45; 15, с. 16; 16, с. 15; 17, с. 10]. Наиболее высокие урожаи семян многолетних бобовых трав обычно бывают в годы с достаточным количеством осадков в период до цветения и с сухой солнечной погодой во время цветения и созревания семян [14, с. 42]. Относительно высокая урожайность семян формируется при ГТК не более 1,3–1,6. При увеличении ГТК растения испытывают недостаток тепла [18, с. 947; 19, с. 48; 20, с. 180].

Цель исследований состояла в изучении влияния абиотических условий и возраста травостоя козлятника восточного и лядвенца рогатого на их кормовую и семенную продуктивность в Среднем Предуралье.

Методология и методы исследования (Methods)

Анализ влияния абиотических условий и возраста травостоя на кормовую и семенную продуктивность козлятника восточного Гале (1995–2005 гг.) и лядвенца рогатого Солнышко (2010–2017 гг.) выполнен на основе результатов исследований, проведенных в Удмуртском НИИСХ УдмФИЦ УрО РАН с использованием общепринятых методических указаний [21; 22]. Полученные экспериментальные данные были подвергнуты статистической обработке методом дисперсионного анализа, алгоритмы которых изложены Б. А. Доспеховым [23]. Посев козлятника был проведен в 1995 г. без покрова широкорядным способом (60 см), норма высева – 1,0 млн шт. всхожих семян на 1 га. Лядвенец был посеян в 2010, 2011 и 2013 гг. также без покрова обычным рядовым способом с нормой высева 8,0 млн шт. всхожих семян на 1 га. Повторность вариантов в опытах – четырехкратная, расположение вариантов – систематическое. На травостое первого и последующих годов пользования после схода снега проводили боронование, внесение минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{60}K_{60}$. Урожайность зеленой массы учтена при достижении травами фазы бутонизации – начала цветения, семян – при созревании 95–100 % бобов козлятника и 75–80 % бобов лядвенца.

Полевые исследования проведены в лесостепной зоне Удмуртской Республики. Продолжительность вегетационного периода в данной зоне составляет

164–171 сутки, сумма эффективных температур – 1900–2100 °С, сумма осадков за год – 450–500 мм, за вегетационный период – 200–225 мм [24]. Оценку влияния условий увлажнения вегетационных периодов на продуктивность изучаемых трав проводили по гидротермическому коэффициенту (ГТК) Селянинова. В вегетационные периоды 1996, 2011, 2013 и 2016 гг. суммарное значение ГТК – 0,67–0,87 было наименьшим, что указывает на их недостаточную увлажненность. Вегетационные периоды 1997, 1998, 2002, 2005 и 2014 г. характеризовались достаточным увлажнением, ГТК составило 1,20–1,42. Все остальные годы (1999, 2000, 2001, 2003, 2004, 2012, 2015, 2017) со значением ГТК выше 1,50 отмечены как избыточно увлажненные.

Опыты были заложены на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,9–2,0 %, pH_{KCl} – 5,0–5,9, подвижный фосфор – 421 мг на 1 кг почвы, обменный калий – 218–320 мг на 1 кг почвы.

Результаты (Results)

Изучение потенциальных возможностей кормовой и семенной продуктивности козлятника восточного при разных режимах использования его травостоя показало, что в 1-й год (1996 г.) урожайность семян козлятника была на уровне 130 кг/га, сбор сухой надземной биомассы – 5,63–6,00 т/га. Во 2-й год сбор сухого вещества в варианте с уборкой на корм ежегодно составил 7,21 т/га, что на 1,58 т/га выше урожайности, полученной в 1-й год травостоем. Семенная продуктивность козлятника была 510–660 кг/га, при этом меньше всего (510 кг/га) – в варианте с ежегодной уборкой на семена при $HCP_{05} = 16$ кг/га (таблица 1).

В 3-й год применяемые режимы использования травостоя козлятника существенно не влияли на урожайность сухой массы (5,34–5,48 т/га, $HCP_{05} = 0,17$ т/га) и семян (280–290 кг/га, $F_{\phi} < F_{\tau}$). В 4-й год (1999 г.) урожайность семян козлятника составила 400–640 кг/га. При длительном использовании травостоя козлятника на семена его продуктивность существенно снижалась, урожайность была на уровне 400–440 кг/га. При ежегодном чередовании уборки травостоя на корм и семена урожайность семян была на 240 кг/га выше.

В течение 2001–2003 гг. (6–8-й годы) сбор сухого вещества был высоким (10,97–13,80 т/га). Однако наблюдали снижение урожайности семян с 220 до 70 кг/га. В 2004–2005 гг. (9–10-й годы) урожайность сухой биомассы в зависимости от режима использования также была на одинаковом уровне: 7,80 т/га в 9-й год и 9,30–10,30 т/га – в 10-й год. Семенная же продуктивность (310 кг/га) при чередовании уборки травостоя козлятника на корм и семена была в 1,5 раза выше урожайности (180 кг/га), полученной при ежегодной уборке травостоя на семена ($HCP_{05} = 30$ кг/га).

Таблица 1

Кормовая и семенная продуктивность козлятника восточного Гале

Агротехнологии

Год пользования	Режим использования травостоя				НСР ₀₅	
	На корм (ежегодно)	На корм – на семена	1-й год – на корм, 2–5-й год – на семена, с 6-го года – на корм	На семена (ежегодно)	Корм	Семена
Первый (1996 г.)	5,63	5,97	6,00	130	$F_{\phi} < F_{\tau}$	–
Второй (1997 г.)	7,21	660	640	510	–	16
Третий (1998 г.)	5,48	5,34	290	280	0,17	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Четвертый (1999 г.)	8,56	640	440	400	–	21
Пятый (2000 г.)	3,40	3,20	670	280	0,20	39
Шестой (2001 г.)	13,30	200	12,90	220	0,30	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Седьмой (2002 г.)	11,42	11,20	10,97	200	0,46	–
Восьмой (2003 г.)	12,00	70	13,80	70	0,36	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Девятый (2004 г.)	7,80	10,70	7,80	230	0,35	–
Десятый (2005 г.)	10,30	310	9,30	180	0,79	30
В среднем	8,51	7,34 380	10,13 510	250	0,16	11

Примечание. Жирным шрифтом выделена урожайность семян, кг/га, прямым светлым – урожайность сухого вещества, т/га.

Table 1

Forage and seed productivity of the eastern goat Gale

Year of use	Mode of use of herbage				LSD ₀₅	
	For food (annually)	For food – for seeds	First year – for food, second - fifth year – for seeds, since the sixth year – for food	For seeds (annually)	Food	Seeds
First (1996)	5.63*	5.97	6.00	130	$F_f < F_t$	–
Second (1997)	7.21	660**	640	510	–	16
Third (1998)	5.48	5.34	290	280	0.17	$F_f < F_t$
Fourth (1999)	8.56	640	440	400	–	21
Fifth (2000)	3.40	3.20	670	280	0.20	39
Sixth (2001)	13.30	200	12.90	220	0.30	$F_f < F_t$
Seventh (2002)	11.42	11.20	10.97	200	0.46	–
Eighth (2003)	12.00	70	13.80	70	0.36	$F_f < F_t$
Ninth (2004)	7.80	10.70	7.80	230	0.35	–
Tenth (2005)	10.30	310	9.30	180	0.79	30
Average	8.51	7.34 380	10.13 510	250	0.16	11

Note. The yield of seeds, kg/ha, is highlighted in bold, while the yield of dry matter, t/ha, is highlighted in straight light.

Таблица 2

Кормовая и семенная продуктивность лядвенца рогатого Солнышко

Год пользования	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	В среднем
Урожайность сухого вещества, т/га								
Первый	4,6	2,0		4,9				3,8
Второй		3,1	7,8		5,7			5,5
Третий			7,2	7,7		4,4		6,4
Четвертый				6,5	4,4		4,9	5,3
В среднем	4,6	2,6	7,5	6,4	5,1	4,4	4,9	
Урожайность семян, кг/га								
Первый	389	0		522				304
Второй		0	413		76			163
Третий			83	0		208		97
Четвертый				0	0		0	0
В среднем	389	0	248	174	38	208	0	

Table 2

Forage and seed productivity of the bird's-foot trefoil Solnyshko

Year of use	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Average
Dry matter yield, t/ha								
First	4.6	2.0		4.9				3.8
Second		3.1	7.8		5.7			5.5
Third			7.2	7.7		4.4		6.4
Fourth				6.5	4.4		4.9	5.3
Average	4.6	2.6	7.5	6.4	5.1	4.4	4.9	
Seed yield, kg/ha								
First	389	0		522				304
Second		0	413		76			163
Third			83	0		208		97
Fourth				0	0		0	0
Average	389	0	248	174	38	208	0	

Agrotechnologies

Таблица 3

Коэффициенты корреляции (r) между урожайностью сухого вещества многолетних бобовых трав и метеоусловиями по фазам вегетации

Фаза вегетации	Продолжительность фазы	Температура воздуха		Сумма осадков	ГТК
		Сумма	Среднесуточная		
Козлятник восточный Гале (1996–2005 гг.)					
Отрастание	0,60*	–0,27	–0,51	0,73*	0,70*
Ветвление	0,10	0,71	0,12	0,04	–0,09
Бутонизация	–0,55	–0,61	–0,34	–0,51	–0,20
Начало цветения	0,36	–0,15	–0,85*	–0,79*	–0,69
Лядвенец рогатый Солнышко (2011–2017 гг.)					
Отрастание	–0,78*	–0,67*	0,76*	–0,11	0,45
Ветвление	0,26	0,05	–0,27	–0,20	–0,16
Бутонизация	0,10	0,31	0,50	–0,23	–0,29
Начало цветения	–0,39	–0,24	0,33	–0,22	–0,21

Примечание. * 95-процентный уровень значимости.

Table 3

Coefficients of correlation (r) between the yield of dry matter of perennial legumes and weather conditions in the phases of vegetation

Vegetation phase	Duration of the phase	Air temperature		Precipitation amount	HTC
		The amount	Average daily		
The eastern goat Gale (1996–2005)					
Regrowth	0.60*	–0.27	–0.51	0.73*	0.70*
Branching	0.10	0.71	0.12	0.04	–0.09
Budding	–0.55	–0.61	–0.34	–0.51	–0.20
Flowering	0.36	–0.15	–0.85*	–0.79*	–0.69
The bird’s-foot trefoil Solnyshko (2011–2016)					
Regrowth	–0.78*	–0.67*	0.76*	–0.11	0.45
Branching	0.26	0.05	–0.27	–0.20	–0.16
Budding	0.10	0.31	0.50	–0.23	–0.29
Flowering	–0.39	–0.24	0.33	–0.22	–0.21

Note. * Correlation is significant at 95 % probability level.

Кормовая продуктивность лядвенца рогатого в годы исследований изменялась от 2,0 до 7,8 т/га сухого вещества. С возрастом травостоя отмечена тенденция ее увеличения. Так, во 2–4-й годы урожайность была 5,3–6,4 т/га, что на 1,5–2,6 т/га выше урожайности, полученной в 1-й год (таблица 2).

Урожайность семян лядвенца рогатого 1–3-го годов пользования составила 97–304 кг/га, наибольшая – 304 и 163 кг/га соответственно – в 1-й и 2-й

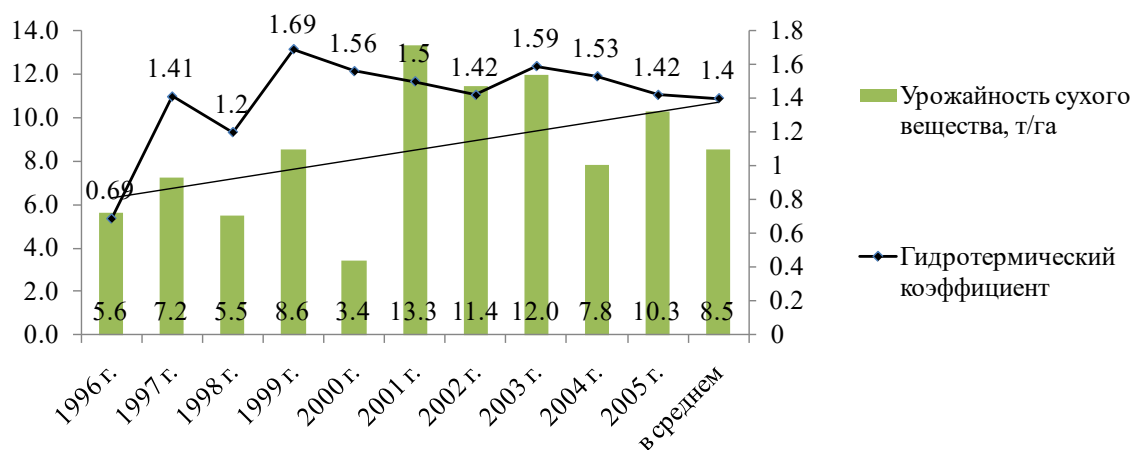
годы пользования. Травостой лядвенца 4-го года ни в одной из трех закладок не сформировал семян.

Выявлено, что изучаемые многолетние бобовые травы являются засухоустойчивыми культурами. Так, козлятник восточный в засушливых условиях 1996 г. с ГТК 0,69 обеспечил урожайность сухой массы 5,6 т/га, лядвенец рогатый в 2011 и 2016 гг. с ГТК 0,87 и 0,67 – 4,6 и 4,4 т/га соответственно. В 2013 г. в таких же условиях (ГТК 0,67) урожай-

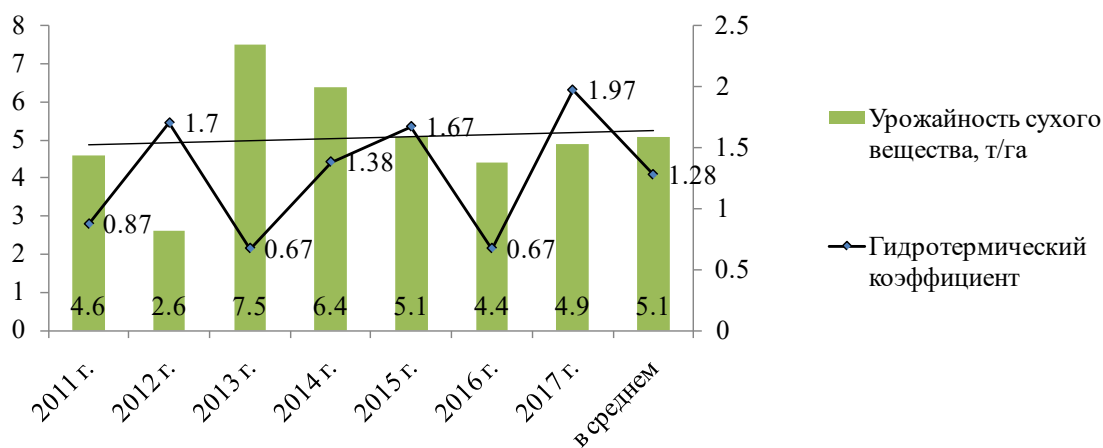
ность лядвенца составила 7,5 т/га, что связано с формированием высокой урожайности во втором укосе (3,3–4,5 т/га). При достаточном увлажнении вегетационного периода кормовая продуктивность изучаемых трав увеличивалась: у козлятника при ГТК 1,20–1,42 в 1997, 1998, 2002 и 2005 гг. она составила 5,5–11,4 т/га, у лядвенца при ГТК 1,38 в 2014 г. – 6,4 т/га. В условиях избыточного увлажнения урожайность сухой массы многолетних трав также не снижалась. Урожайность козлятника в 1999, 2001, 2003 и 2004 гг. составила 7,8–13,3 т/га. Исключение составил 2000 г., когда был убран только один укос с урожайностью 3,4 т/га. Сбор сухого вещества лядвенца в 2015 и 2017 гг. достигал 5,1 и 4,9 т/га соответственно. В условиях 2012 г. в связи с сильным засорением культурного травостоя лядвенца посевы были скошены без учета урожая, проведен только один (второй) укос, урожайность которого составила 2,6 т/га (рис. 1).

Для определения тесноты и связи урожайности многолетних бобовых трав с метеорологическими условиями был проведен корреляционный анализ.

Козлятник имел положительную среднюю корреляцию урожайности сухого вещества с продолжительностью ($r = 0,60$), с суммой осадков ($r = 0,73$) и с ГТК ($r = 0,70$) в период весеннего отрастания. В фазе начала цветения была установлена отрицательная сильная ($r = -0,79...-0,85$) корреляция урожайности со среднесуточной температурой воздуха и с количеством выпавших осадков (таблица 3). Согласно полученному уравнению регрессии $y = 0,4055x + 1,4502$, формирование козлятником восточным урожайности сухого вещества не ниже 10,0 т/га возможно при удлинении периода весеннего отрастания до 21 суток. Сумма осадков в этот период должна составлять не менее 54 мм ($y = 0,0696x + 6,254$). В фазе начала цветения среднесуточная температура воздуха не должна превышать 16,5 °C ($y = -0,8575x + 24,17$) при сумме осадков не более 9,4 мм ($y = -0,3154x + 12,958$). Колебания урожайности сухого вещества на 72 % были вызваны изменениями среднесуточной температуры воздуха и на 62 % – осадками в фазе начала цветения.



Козлятник восточный Гале



Лядвенец рогатый Солнышко

Рис. 1. Урожайность сухого вещества многолетних бобовых трав в зависимости от ГТК

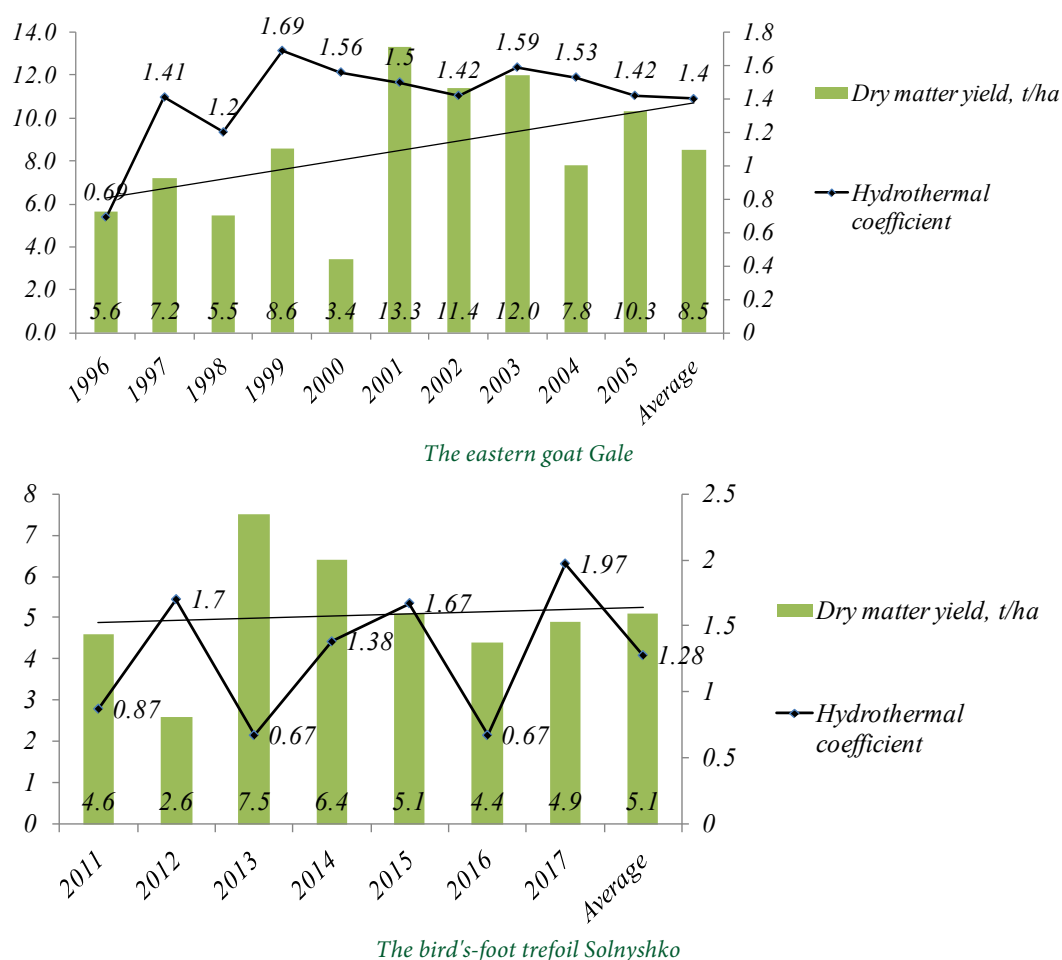
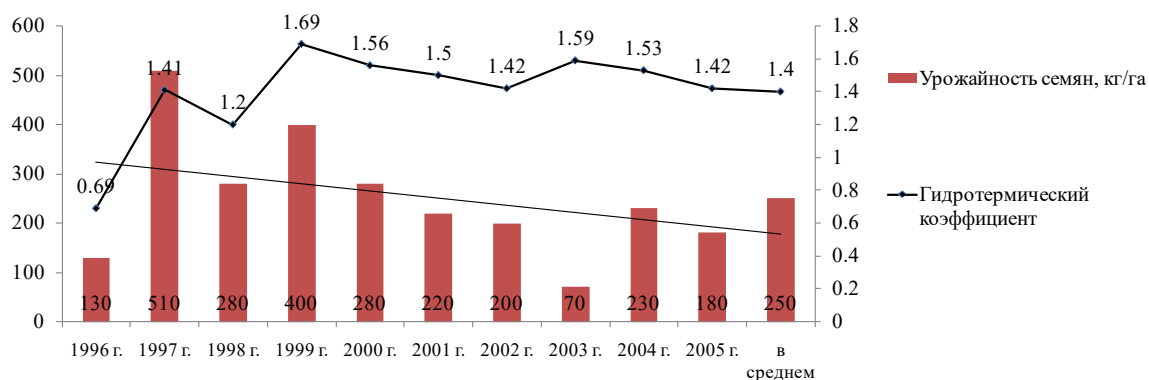


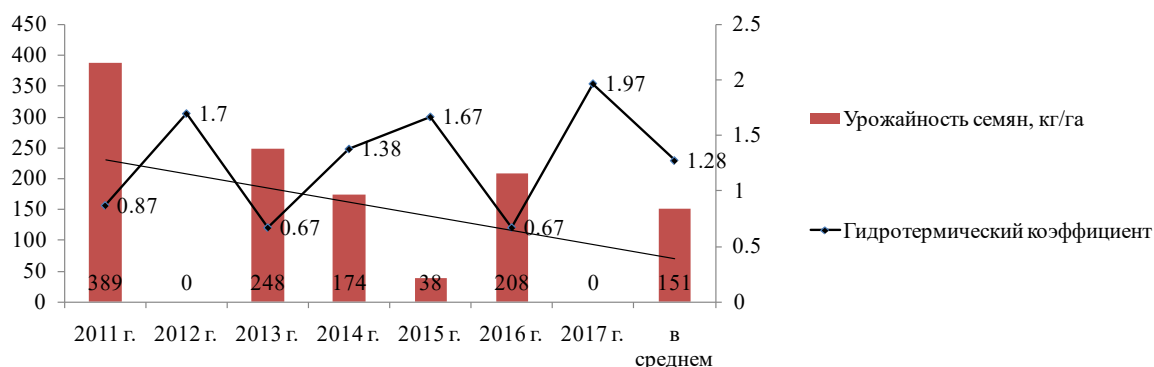
Fig. 1. The yield of dry matter of perennial legumes depending on the hydrothermal coefficient

Урожайность сухого вещества лядвенца рогатого в отличие от козлятника была в отрицательной сильной корреляционной зависимости ($r = -0,78$) от продолжительности периода весеннего отрастания и в положительной сильной ($r = 0,76$) – от среднесуточной температуры воздуха в данный период. С суммой осадков во все фазы развития лядвенца корреляционная зависимость была несущественной. Уравнение регрессии $y = -0,1805x + 8,2207$ показывает, что сбор сухой массы лядвенцем рогатым может составить не менее 6,0 т/га при продолжительности фазы отрастания не более 12 суток. Растения лядвенца положительно отзывались на повышение среднесуточной температуры воздуха в начальный период развития. При среднесуточной температуре воздуха в период весеннего отрастания – ветвления не менее 13,5 °C ($y = 0,6744x - 3,0954$) лядвенец может сформировать урожайность сухого вещества более 6,0 т/га. Зависимость была высокой: $d_{yx} = 0,57$, или 57 %. Согласно рассчитанному уравнению регрессии $y = 0,2519x + 0,725$, сумма осадков в эту фазу не должна превышать 21 мм.

Семенная продуктивность козлятника восточного в засушливом 1996 г. была относительно невысокой (130 кг/га семян), что, вероятно, связано также с недостаточным развитием его травостоя в 1-й год пользования. В то же время засушливые условия 2011, 2013 и 2016 гг. оказались наиболее благоприятными для формирования урожая семян лядвенца рогатого, средняя урожайность составила 208–389 кг/га. В условиях достаточного увлажнения вегетационного периода семенная продуктивность козлятника была на уровне 180–510 кг/га, урожайность семян лядвенца снизилась до 174 кг/га. При избыточном увлажнении 1999, 2000, 2001 и 2004 гг. урожайность семян козлятника 220–400 кг/га также была на достаточно высоком уровне. Исключение составил 2003 г. с урожайностью 70 кг/га. В то же время переувлажненные условия вегетационного периода негативно влияли на семенную продуктивность лядвенца. Так, в 2015 г. средняя урожайность семян была всего 38 кг/га. В 2012 и 2017 гг. лядвенец не сформировал семена, влажные условия вегетационного периода этих годов способствовали вегетативному росту, непрерывному цветению растений и отсутствию бурых бобов (рис. 2).

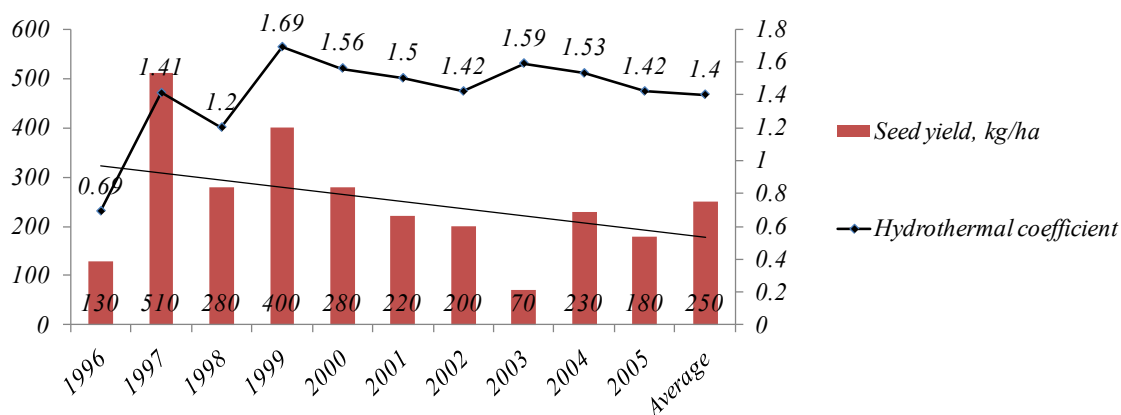


Козлятник восточный Гале

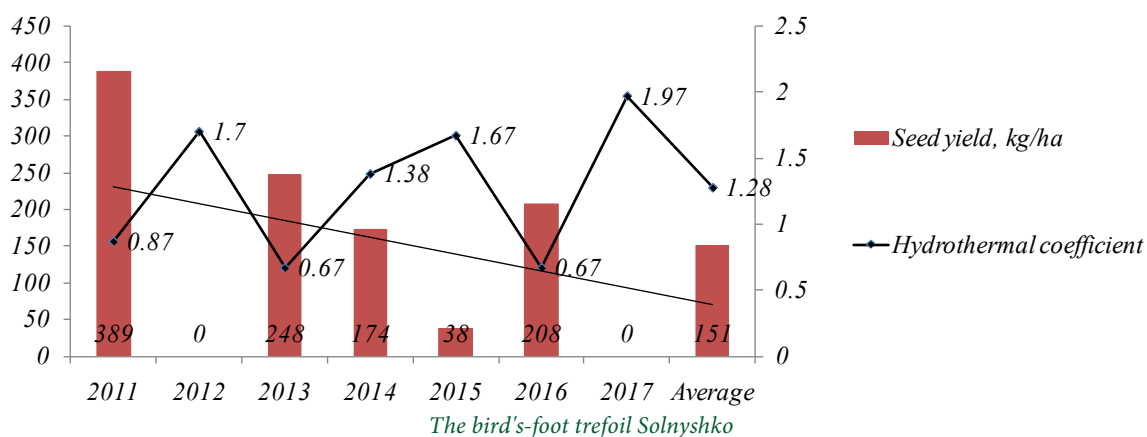


Лядвенец рогатый Солнышко

Рис. 2. Урожайность семян многолетних бобовых трав в зависимости от ГТК



The eastern goat Gale



The bird's-foot trefoil Solnyshko

Fig. 2. The yield of seeds of perennial legumes depending on the hydrothermal coefficient

Таблица 4

Коэффициенты корреляции (r) и детерминации (d_{yx}) между урожайностью семян многолетних бобовых трав и метеоусловиями по фазам вегетации

Фаза вегетации	Продолжительность фазы		Среднесуточная температура воздуха		Сумма осадков		ГТК	
	r	d_{yx}	r	d_{yx}	r	d_{yx}	r	d_{yx}
Козлятник восточный Гале (1996–2005 гг.)								
Отрастание	0,27	0,07	–0,57*	0,33	–0,18	0,03	–0,16	0,03
Бутонизация	–0,02	0,00	–0,16	0,03	–0,18	0,03	0,30	0,09
Начало цветения	–0,20	0,04	–0,07	0,01	–0,69*	0,48	–0,37	0,14
Массовое цветение	0,36	0,13	0,10	0,01	0,29	0,08	0,15	0,02
Созревание семян	0,34	0,12	–0,45	0,20	–0,48	0,23	–0,69*	0,48
Лядвенец рогатый Солнышко (2011–2016 гг.)								
Отрастание	–0,37	0,14	–0,21	0,04	0,16	0,03	0,45	0,20
Ветвление	0,13	0,02	0,42	0,18	–0,19	0,04	–0,26	0,07
Бутонизация	–0,19	0,04	–0,02	0,00	–0,18	0,03	0,25	0,06
Цветение	–0,60	0,36	0,51	0,26	–0,55	0,30	–0,29	0,08
Созревание семян	–0,80*	0,64	0,82*	0,67	–0,74*	0,55	–0,91*	0,83

Примечание. * корреляционная связь существенна на 95-процентном уровне вероятности.

Table 4

Coefficients of correlation (r) and determination (d_{yx}) between the yield of seeds of perennial legumes and weather conditions in the phases of vegetation

Vegetation phase	Duration of the phase		Average daily air temperature		Precipitation amount		HTC	
	r	d_{yx}	r	d_{yx}	r	d_{yx}	r	d_{yx}
The eastern goat Gale (1996–2005)								
Regrowth	0.27	0.07	–0.57*	0.33	–0.18	0.03	–0.16	0.03
Budding	–0.02	0.00	–0.16	0.03	–0.18	0.03	0.30	0.09
Beginning of flowering	–0.20	0.04	–0.07	0.01	–0.69*	0.48	–0.37	0.14
Mass flowering	0.36	0.13	0.10	0.01	0.29	0.08	0.15	0.02
Seed maturation	0.34	0.12	–0.45	0.20	–0.48	0.23	–0.69*	0.48
The bird's-foot trefoil Solnyshko (2011–2016)								
Regrowth	–0.37	0.14	–0.21	0.04	0.16	0.03	0.45	0.20
Branching	0.13	0.02	0.42	0.18	–0.19	0.04	–0.26	0.07
Budding	–0.19	0.04	–0.02	0.00	–0.18	0.03	0.25	0.06
Flowering	–0.60	0.36	0.51	0.26	–0.55	0.30	–0.29	0.08
Seed maturation	–0.80*	0.64	0.82*	0.67	–0.74*	0.55	–0.91*	0.83

Note. * correlation is significant at 95 % probability level.

Урожайность семян козлятника имела отрицательную среднюю корреляционную связь со следующими метеоусловиями в период вегетации: среднесуточная температура воздуха в период отрастания $r = -0,57$, сумма осадков в период начала цветения $r = -0,69$, ГТК в фазе созревания семян $r = -0,69$. 48 % ($d_{yx} = 0,48$) колебаний урожайности семян вызывались изменениями ГТК в фазе созревания семян (таблица 4).

В соответствии с полученными уравнениями регрессии формированию урожайности семян козлятника более 400 кг/га способствует среднесуточная температура воздуха не выше 8,0 °C в фазе отрастания ($y = -25,8x + 620,9$), сумма осадков не более 10 мм ($y = -5,6x + 353,9$), сумма положительных температур не менее 300 °C в фазе цветения ($y = 1,1x + 70,5$).

Урожайность семян лядвенца находилась в положительной сильной корреляционной связи со среднесуточной температурой воздуха в фазе созревания семян ($r = 0,82$) и в отрицательной сильной корреляции – с продолжительностью фазы созревания семян ($r = -0,80$), с суммой осадков ($r = -0,74$) и с ГТК в данной фазе ($r = -0,91$). Колебания урожайности семян лядвенца на 67 % ($d_{yx} = 0,67$) вызывались изменениями в фазе созревания семян среднесуточной температуры воздуха и на 83 % ($d_{yx} = 0,83$) – изменениями ГТК в этот же период. Для формирования урожайности семян лядвенца не менее 300 кг/га необходима продолжительность фазы созревания семян не более 30 суток ($y = -13,4x + 708,6$) со среднесуточной температурой воздуха 20 °C ($y = 19,1x - 19,4$), суммой осадков 120 мм ($y = -1,6x + 494,2$) и ГТК не более 1,4

($y = -219,4x + 611,2$). Из семи лет исследований условия, близкие к вышеуказанным, создавались в 43 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, кормовая (7,34–10,13 т/га сухого вещества) и семенная (250–510 кг/га) продуктивность козлятника восточного в течение 10 лет исследований оставалась на достаточно высоком уровне. Козлятник формировал высокую урожайность сухого вещества и семян как в относительно влажные, так и в засушливые годы. Формирование урожайности 10,0 т/га сухой надземной биомассы козлятником происходило при продолжительности периода весеннего отрастания не менее 21 суток с суммой осадков не менее 54 мм; при среднесуточной температуре воздуха в фазе начала цветения не более 16,5 °С с суммой осадков не более 9,4 мм. Получению урожайности семян козлятника более 400 кг/га способствовала среднесуточная температура воздуха не выше 8,0 °С в фазе отрастания, сумма осадков не более 10 мм и сумма положительных температур не менее 300 °С в фазе цветения.

Наибольшая урожайность сухого вещества лядвенца рогатого 3,8–6,4 т/га была во 2–4-й годы поль-

зования травостоем. Корреляция урожайности сухого вещества с суммой осадков была несущественной, поэтому лядвенец и в засушливых условиях, и при избыточном увлажнении способен обеспечивать сбор сухого вещества на уровне 4,4–6,4 т/га. Формирование урожайности не менее 6,0 т/га сухого вещества происходило при продолжительности периода отрастания – ветвления не более 12 суток со среднесуточной температурой воздуха не ниже 13,5 °С и суммой осадков не менее 21 мм. Семенная продуктивность лядвенца была подвержена колебаниям, обусловленным влиянием как возраста травостоя, так и абиотических условий вегетационного периода. Высокая урожайность семян (304 и 163 кг/га соответственно) получена в 1-й и 2-й годы пользования травостоем. Получению высокой урожайности семян лядвенца способствовали засушливые условия вегетационного периода, особенно в фазе цветения – созревания семян. Для формирования урожайности семян не менее 300 кг/га необходима продолжительность фазы созревания семян не более 30 суток со среднесуточной температурой воздуха в данной фазе 20 °С, суммой осадков 120 мм и ГТК не более 1,4.

Библиографический список

1. Образцов В. Н., Щедрина Д. И. Лядвенец рогатый в черноземной лесостепи. Воронеж, 2012. 233 с.
2. Зубарев Ю. Н., Фалалеева Л. В., Субботина Я. В., Нечунаев М. А. Козлятник восточный – культура XXI века // Пермский аграрный вестник. 2016. № 4 (16). С. 4–9.
3. Kosolapov V., Rud V., Korshunov A., Savchenko I., Switala F., Hogland W. Scientific support of the fodder production: V. R. Williams All-Russian Fodder Research Institute (WFRI) Activity [e-resource] // IOP Conference Series. 2019. Vol. 862. Article number 012010. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/390/1/012010> (date of reference: 15.02.2022).
4. Нагибин А. Е., Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Травы в системе кормопроизводства. Екатеринбург, 2018. 784 с.
5. Золотарев В. Н. Биологические особенности плодообразования и формирования урожая семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 1. С. 30–34. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-30-44.
6. Попова Е. В. Динамика цветения и плодообразование лядвенца рогатого в зависимости от нормы высева и метеорологических условий // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012. № 4 (29). С. 20–23.
7. Золотарев В. Н. Биологическое обоснование способов уборки семенных травостоев лядвенца рогатого // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов. 2020. Вып. 22 (70). № 1. С. 78–90.
8. Churkova B., Bozhanska T., Naydenova Y. Feeding value of bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) cultivar under conditions of the central northern part of Bulgaria // Banat's Journal of Biotechnology. 2016. Т. VII (14). Рр. 38–45.
9. Сапрыкин С. В., Золотарев В. Н., Иванов И. С., Степанова Г. В., Сапрыкина Н. В., Лабинская Р. М. Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России. Воронеж, 2020. 496 с.
10. Рекашус Э. С. Структура урожая семян лядвенца рогатого в зависимости от сорта и типа опыления // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 1. С. 23–29. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-23-29.
11. Золотарев В. Н. Проблемные аспекты возделывания козлятника восточного (*Galêga orientâlis* Lam.) на семена в условиях Центрального Нечерноземья России // Интенсивное земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам: сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию ННЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева (Всесоюзный, затем Казахский НИИ зернового хозяйства им. А. И. Бараева). Шортланды, 2021. С. 271–280.

12. Turan N., Celen A. E., Ozyazici M. A. Yield and quality characteristics of some Alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in the Eastern Turkey // Turkish Journal of Field Crops. 2017. No. 22 (2). Pp. 160–165.
13. Акманаев Э. Д. Формирование урожайности одноукосного и двухукосного клевера лугового в зависимости от агрометеорологических условий // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 30–34.
14. Корелина В. А. Влияние абиотических факторов на семенную продуктивность клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) в условиях субарктической зоны РФ // Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 2. С. 40–47. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-2-40-47.
15. Бакаева Н. П. Влияние погодных условий, систем обработки почвы и удобрений на структуру урожая и качество зерна яровой пшеницы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 12–19.
16. Немцев С. Н., Шарипова Р. Б. Оценка агрометеорологических показателей атмосферных засух и урожайности зерновых культур в изменяющихся условиях регионального климата // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 10–17.
17. Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю. Реакция яровой мягкой пшеницы на засуху в лесостепи Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-9-18.
18. Крамаренко В. Я., Юмашев Х. С. Семенная продуктивность люцерны посевной в зависимости от метеорологических условий в северной лесостепи // АПК России. 2017. Т. 24. № 4. С. 944–948.
19. Крамаренко В. Я., Вражнов А. В. Урожайность семян люцерны посевной в зависимости от условий увлажнения и солнечной активности в северной лесостепи // АПК России. 2018. Т. 25. № 1. С. 45–49.
20. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С., Фатыхов И. Ш. Влияние погодных условий и способа посева на семенную продуктивность клевера лугового в Среднем Предуралье // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. 2021. Т. 59. № 2. С. 178–185. DOI: 10.29235/1817-7204-2021-59-2-178-185.
21. Новоселов Ю. К., Киреев В. Н., Кутузов Г. П. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва, 1997. 156 с.
22. Смурыгин М. А., Михайличенко Б. П., Переправо Н. И. [и др.] Методические указания по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав. Москва, 1986. 136 с.
23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва, 1985. 416 с.
24. Атлас Удмуртской Республики / Под ред. И. И. Рысина. Москва, 2016. 282 с.

Об авторах:

Надежда Ивановна Касаткина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0725-2254, AuthorID 339584; +7 950 156-86-26, ugniish-nauka@yandex.ru

Жанна Сергеевна Нелюбина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-5751-9557, AuthorID 624201; +7 912 019-99-46, zhannet1976@yandex.ru

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

The influence of abiotic factors of the Middle Cis-Urals on productivity of perennial legumes

N. I. Kasatkina¹✉, Zh. S. Nelyubina¹

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

✉E-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Abstract. The aim of the research is to study the influence of abiotic conditions and age of the eastern galega and the bird's-foot trefoil herbage on their fodder and seed productivity in the Middle Cis-Urals. **Research methods.** The influence of the studied factors on the yield of dry aboveground biomass and seeds of galega Gale and bird's-foot Solnyshko was studied on the basis of the results of field experiments laid down at the Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture, UdmFRC UB RAS in 1995–2005 and 2010–2017. The effect of moistening conditions during the growing seasons on grass productivity was assessed using the Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC). **Scientific novelty.** Under the conditions of the Middle Cis-Urals, the dependence of fodder and

seed productivity of eastern galega and bird's-foot trefoil on the moistening conditions of the growing season and the herbage age was revealed. **Results.** It was established that the fodder (8.5 t/ha) and seed (250 kg/ha) productivity of the eastern galega remained at a fairly high level during 10 years of research. The bird's-foot trefoil formed the highest dry matter yield (3.8–6.4 t/ha) in the second-fourth years of herbage use. A high seed yield of 304 and 163 kg/ha, respectively, was obtained in the 1st and 2nd years of use. Galega provided a high yield of dry matter and seeds, both in dry (HTC = 0.69) and relatively wet (HTC = 1.50...1.69) years. The bird's-foot is also able to form a dry matter collection at the level of 4.4–6.4 t/ha both in dry conditions (HTC = 0.67...0.87) and with excessive moisture (HTC = 1.67...1.97). The seed productivity of this crop was dependent on the abiotic conditions of the growing season. Dry conditions of the growing season, especially in the phase of flowering – maturation of seeds, contributed to obtaining a high yield of bird's-foot trefoil seeds. To form a seed yield of at least 300 kg/ha, it is necessary the duration of the seed ripening phase is not more than 30 days with an average daily air temperature in this phase of 20 °C, a total precipitation of 120 mm and a HTC of not more than 1.4.

Keywords: eastern goat, bird's-foot trefoil, abiotic conditions, age of the herbage, hydrothermal coefficient, yield of dry matter, yield of seeds, correlation.

For citation: Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S. Vliyaniye abioticheskikh faktorov Srednego Predural'ya na produktivnost' mnogoletnikh bobovykh trav [The influence of abiotic factors of the Middle Cis-Urals on productivity of perennial legumes] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (219). Pp. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-2-13. (In Russian.)

Date of paper submission: 24.02.2022, **date of review:** 04.03.2022, **date of acceptance:** 10.03.2022.

References

1. Obraztsov V. N., Shchedrina D. I. Lyadvenets rogatyy v chernozemnoy lesostepi [The bird's-foot trefoil in chernozem forest-steppe]. Voronezh, 2012. 233 p. (In Russian.)
2. Zubarev Yu. N., Falaleyeva L. V., Subbotina Ya. V., Nechunayev M. A. Kozlyatnik vostochnyy – kul'tura XXI veka [Eastern galega is a culture of the 21st century] // Perm Agrarian Journal. 2016. No. 4 (16). Pp. 4–9. (In Russian.)
3. Kosolapov V., Rud V., Korshunov A., Savchenko I., Switala F., Hogland W. Scientific support of the fodder production: V. R. Williams All-Russian Fodder Research Institute (WFRI) Activity [e-resource] // IOP Conference Series. 2019. Vol. 862. Article number 012010. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/390/1/012010> (date of reference: 15.02.2022).
4. Nagibin A. E., Tormozin M. A., Zyryantseva A. A. Travy v sisteme kormoproizvodstva [Grasses in the forage system]. Ekaterinburg, 2018. 784 p. (In Russian.)
5. Zolotarev V. N. Biologicheskiye osobennosti plodoobrazovaniya i formirovaniya urozhaya semyan lyadventsa rogatogo (*Lotus corniculatus* L.) [Biological features of fruit formation and seed yield formation of the bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.)] // Adaptive fodder production. 2020. No. 1. Pp. 30–34. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-30-44. (In Russian.)
6. Popova E. V. Dinamika tsveteniya i plodoobrazovaniya lyadventsa rogatogov zavisimosti ot normy vyseva i meteorologicheskikh usloviy [Dynamics of flowering and fruiting of the bird's-foot trefoil depending on the seedling rate and meteorological conditions] // Agricultural science Euro-North-East. 2012. No. 4 (29). Pp. 20–23. (In Russian.)
7. Zolotarev V. N. Biologicheskoye obosnovaniye sposobov uborki semennykh travostoyev lyadventsa rogatogo [Biological substantiation of methods for harvesting seed herbage of bird's-foot trefoil] // Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo: sbornik nauchnykh trudov. 2020. Vol. 22 (70). No. 1. Pp. 78–90. (In Russian.)
8. Churkova B., Bozhanska T., Naydenova Y. Feeding value of bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) cultivar under conditions of the central northern part of Bulgaria // Banat's Journal of Biotechnology. 2016. T. VII (14). Pp. 38–45.
9. Saprykin S. V., Zolotarev V. N., Ivanov I. S., Stepanova G. V., Saprykina N. V., Labinskaya R. M. Nauchnyye osnovy selektsii i semenovodstva mnogoletnikh trav v Tsentral'no-Chernozemnom regione Rossii [Scientific basis of selection and seed production of perennial grasses in the Central Black Earth region of Russia]. Voronezh, 2020. 496 p. (In Russian.)
10. Rekashus E. S. Struktura urozhaya semyan lyadventsa rogatogo v zavisimosti ot sorta i tipa opyleniya [The structure of the seeds yield of the bird's-foot trefoil depending on the variety and pollination type] // Adaptive fodder production. 2020. No. 1. Pp. 23–29. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-23-29. (In Russian.)
11. Zolotarev V. N. Problemnyye aspekty vozdeleyvaniya kozlyatnika vostochnogo (*Galéga orientális* Lam.) na semena v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya Rossii [Problematic aspects of the cultivation of Eastern galega

(*Galéga orientális* Lam.) for seeds in the conditions of the Central Non-Black Earth Region of Russia] // Intensivnoe zemledelie i selektsiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy na ustoychivost' k abioticheskim i bioticheskim stressam: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 65-letiyu NPTs zernovogo khozyaystva im. A. I. Baraeva (Vsesoyuznyy, zatem Kazakhskiy NII zernovogo khozyaystva im. A. I. Baraeva). Shortandy, 2021. Pp. 271–280. (In Russian.)

12. Turan N., Celen A. E., Ozyazici M. A. Yield and quality characteristics of some Alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in the Eastern Turkey // Turkish Journal of Field Crops. 2017. No. 22 (2). Pp. 160–165.

13. Akmanayev E. D. Formirovaniye urozhaynosti odnokosnogo i dvoukosnogo klevera lugovogo v zavisimosti ot agrometeorologicheskikh usloviy [Formation of the yield of single-cut and double-cut red clover depending on agrometeorological conditions] // Perm Agrarian Journal. 2018. No. 3 (23). Pp. 30–34. (In Russian.)

14. Korelina V. A. Vliyaniye abioticheskikh faktorov na semennuyu produktivnost' klevera lugovogo (*Trifolium pratense* L.) v usloviyakh subarkticheskoy zony RF [Influence of abiotic factors on the seed productivity of red clover (*Trifolium pratense* L.) in the conditions of the subarctic zone of the Russian Federation] // Adaptive fodder production. 2019. No. 2. Pp. 40–47. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-2-40-47. (In Russian.)

15. Bakayeva N. P. Vliyaniye pogodnykh usloviy, sistem obrabotki pochvy i udobreniy na strukturu urozhaya i kachestvo zerna yarovoy pshenitsy [Influence of weather conditions, tillage systems and fertilizers on crop structure and grain quality of spring wheat] // Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2019. No. 4. Pp. 12–19. (In Russian.)

16. Nemtsev S. N., Sharipova R. B. Otsenka agrometeorologicheskikh pokazateley atmosferykh zasukh i urozhaynosti zernovykh kul'tur v izmenyayushchikhsya usloviyakh regional'nogo klimata [Evaluation of agrometeorological indicators of atmospheric droughts and crop yields in changing conditions of the regional climate] // Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2020. No. 1. Pp. 10–17. (In Russian.)

17. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu. Reaktsiya yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhu v lesostepi Zaural'ya [Response of spring soft wheat to drought in the forest-steppe of the Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-9-18. (In Russian.)

18. Kramarenko V. Ya., Yumashev Kh. S. Semennaya produktivnost' lyutserny posevnoy v zavisimosti ot meteorologicheskikh usloviy v severnoy lesostepi [Seed productivity of creeping alfalfa depending on meteorological conditions in the northern forest-steppe] // Agro-Industrial Complex of Russia. 2017. T. 24. No. 4. Pp. 944–948. (In Russian.)

19. Kramarenko V. Ya., Vrazhnov A. V. Urozhaynost' semyan lyutserny posevnoy v zavisimosti ot usloviy uvlazhneniya i solnechnoy aktivnosti v severnoy lesostepi [Productivity of alfalfa creeping seeds depending on the moisture conditions and solar activity in the northern forest-steppe] // Agro-Industrial Complex of Russia. 2018. T. 25. No. 1. Pp. 45–49. (In Russian.)

20. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S., Fatykhov I. Sh. Vliyaniye pogodnykh usloviy i sposoba poseva na semennuyu produktivnost' klevera lugovogo v Srednem Predural'ye [The influence of weather conditions and the sowing method on the seed productivity of meadow clover in the Middle Urals] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian sciences series. 2021. Vol. 59. No 2. Pp. 178–185. DOI: 10.29235/1817-7204-2021-59-2-178-185. (In Russian.)

21. Novoselov Yu. K., Kireyev V. N., Kutuzov G. P. Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami [Guidelines for conducting field experiments with feed crops]. Moscow, 1997. 156 p. (In Russian.)

22. Smurygin M. A., Mikhaylichenko B. P., Perepravo N. I. et al. Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v semenovodstve mnogoletnikh trav [Guidelines for research in seed production of perennial herbs]. Moscow, 1986. 136 p. (In Russian.)

23. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]. Moscow, 1985. 416 p. (In Russian.)

24. Atlas Udmurtskoy Respubliki [Atlas of the Udmurt Republic] / Under the editorship of I. I. Rysin. Moscow, 2016. 282 p. (In Russian.)

Authors' information:

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

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

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

Вегетационный период и основные морфометрические признаки коллекционного материала сои в условиях Приазовья

А. А. Козлов¹✉, Б. В. Романов¹, И. В. Сеферова²

¹ Федеральний Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Россия

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

✉ E-mail: kozlov86@bk.ru

Аннотация. Цель исследования – для выявления образцов, перспективных для включения в селекционный процесс в агроэкологических условиях Приазовья, изучить коллекционный материал сои по скороспелости и основным морфометрическим признакам. **Материал и методы.** Объектом исследований выступали 42 селекционных сорта сои из коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова. В ходе работ придерживались методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Полевые исследования были проведены в Аксайском районе Ростовской области в различающихся по метеорологическим условиям 2019–2021 гг. **Научная новизна.** Для условий Приазовья выделены высокопродуктивные скороспелые генотипы сои с широкой амплитудой варьирования основных морфометрических признаков. **Результаты.** Вегетационный период изученных генотипов находился в пределах 85,0–127,3 дня. Наиболее скороспелые сорта – Черя 1, Соер 5, Алтом, Ланцетная, Аванта, Магева, Сибирячка и ВНИИОЗ 86. По высоте растений размах варьирования образцов коллекции составил 26,8–88,3 см. Наиболее короткостебельными оказались сорта Черя 1, Соер 5, Заряница, Ланцетная, Алтом, Самер 1, Соер 3 и Соер 7, наиболее длинностебельными – Селекта 201, Мечта, Южанка, Свапа, Селекта 101, Дельта, Нега 1, Киевская 98 и Виктория. Высота прикрепления нижнего боба составила 10,7 см. Наибольшим значением этого показателя характеризуются сорта Мечта, Свапа, Селекта 201, Южанка и Лира. Вес соломы с 1 растения составил 12,7 г в среднем за 3 года исследований, снижаясь в засушливом 2020 г. до 8,7 г. Минимальное значение этого признака у сорта Черя 1 (6,0 г), максимальное – у сорта Южанка (22,6 г). Уборочный индекс в среднем для изученных сортов составил 46,3 %. Наивысшие значения уборочного индекса отмечены у сортов Белгородская 7, Мерлин, Припять, Соер 5, Соер 3, Самер 3. В результате исследования установлены ценные по комплексу признаков образцы Сойка, Tundra, Белгородская 7, Умка, Белгородская 8, Мерлин, Селекта 201, Китросса, Свапа и Дельта.

Ключевые слова: соя, *Glycine max*, коллекция, сорт, образец, генотип, морфометрические признаки, вегетационный период, Приазовье.

Для цитирования: Козлов А. А., Романов Б. В., Сеферова И. В. Вегетационный период и основные морфометрические признаки коллекционного материала сои в условиях Приазовья // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 14–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-14-25.

Дата поступления статьи: 18.02.2022, **дата рецензирования:** 25.02.2022, **дата принятия:** 03.03.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Соя играет важнейшую роль в мировом сельскохозяйственном производстве как источник растительного белка и масла [1]. Отличаясь широкими адаптивными возможностями, эта культура возделывается в самых разнообразных почвенно-климатических условиях [2, с. 2; 3, с. 16; 4, с. 181]. Способность сои к симбиотической азотфиксации играет немаловажную роль в поддержании плодородия почв и обладает значительным потенциалом

совершенствования и развития [5, с. 7]. Уникальные качества этой культуры создают предпосылки для увеличения производства зерна сои в России как для внутреннего потребления, так и для экспорта [6, с. 134].

Работы по селекции сои в Ростовской области имеют давнюю историю [7; 8]. При этом параметры модельного сорта, место сои в севообороте и технологии ее возделывания претерпевали существенные изменения. Изначально значительные

площади сои как культуры муссонного климата предполагалось сосредоточить на орошении. И сорта для условий засушливого Юга России создавались преимущественно для таких технологий. Но после распада СССР произошло резкое сокращение орошаемых угодий, возделывание сои на них стало экономически малоэффективным. Селекционеры были вынуждены переориентировать селекционный процесс по сое в сторону создания сортов для богарного земледелия. Однако современные сорта сои по-прежнему подвержены сильному влиянию гидротермических условий вегетационного периода [9; 10, с. 70].

Вегетационный период, пригодный для роста сои в Ростовской области в настоящее время достигает 130 дней (при посеве в середине мая). Известно, что в условиях Юга России позднеспелые сорта сои в общем случае более продуктивны, чем скороспелые [11, с. 33], поэтому казались более перспективными для использования в регионе. Но в Ростовской области в последнее время происходит резкий рост посевных площадей под озимой пшеницей, достигших 3 млн га, что составляет приблизительно половину от общей площади пахотных земель. Такая ситуация заставляет рассматривать любую другую культуру как предшественник озимой пшеницы в севообороте. Соя может быть хорошим предшественником для озимых колосовых [12, с. 95], но сроки созревания используемых сортов должны позволять провести посевную кампанию озимых в оптимальные сроки [13, с. 118]. Таким образом, желательная продолжительность вегетации сои при использовании в севообороте с пшеницей должна составлять 90–110 дней.

Существует возможность селекционного улучшения продуктивности скороспелых генотипов сои. На это указывает изучение обширного коллекционного материала, выявившее слабую зависимость между продолжительностью периода вегетации и урожайностью у скороспелых образцов [14, с. 56]. Кроме того, изменение продолжительности периода вегетации влечет неизбежное изменение морфометрических признаков растения, его архитектоники.

Подбор исходного материала по величинам морфометрических признаков зачастую должен вестись не по крайним значениям градиента признака, а по оптимальным. А его значения в конкретных агроэкологических условиях еще необходимо установить. По отдельным морфометрическим признакам, таким как высота прикрепления нижнего боба, генофонд сои сильно ограничен [15, с. 51]. Возникает необходимость поиска исходного материала с заданным уровнем отдельных признаков.

Приазовье – это весьма благоприятный, но специфичный для земледелия регион, прилегающий к Азовскому морю. Находясь между южнорусской степной и предкавказской равнинами, Приазовье

является особой территорией, где произошло формирование уникальных североприазовских черноземов [16, с. 45]. Многообразие и непостоянство действия как благоприятных, так и неблагоприятных природных факторов Приазовья требует создания адаптированных к местным специфическим условиям сортов. Особенно актуально это для сои, культуры сильно отзывчивой на изменение фотопериода, следовательно, имеющей жесткие широтные границы ареала сортового районирования [17, с. 146]. В этой связи поставлена цель настоящего исследования – изучить коллекционный материал сои по скороспелости и основным морфометрическим признакам в агроэкологических условиях Приазовья, выявить образцы, перспективные для включения в селекционный процесс.

Методология и методы исследования (Methods)

Полевые опыты закладывались в 2019–2021 гг. на поле агрохимии и защиты растений ФГБНУ ФРАНЦ, расположенном в п. Рассвет Аксайского района Ростовской области. Материалом для исследований служила коллекция сои, представленная преимущественно районированными сортами раннеспелой группы спелости в количестве 42 образцов различного эколого-географического происхождения. Изученные образцы созданы в селекцентрах Ростовской области (Казачка и Славяночка), Краснодарском крае (Аванта, Бара, Селекта 101, Селекта 201, Дельта, Лира и Мечта), Белгородской области (Белгородская 7, Белгородская 8 и Виктория), Орловской области (Ланцетная, Осмонь и Свапа), Амурской области (Веретейка, Китросса, Нега 1, Сойка и Умка), Хабаровском крае (Батя), Самарской области (Самер 1, Самер 3 и Самер 4), Саратовской области (Соер 3, Соер 5 и Соер 7), Алтайском крае (Алтом), Волгоградской области (ВНИИОЗ 86), Омской области (Заряница и Сибирячка), Московской области (Магева), Кировской области (Чера 1), Белоруссии (Припять и Ясельда), Украины (Южанка, Анастасия, Аннушка, Киевская 98 и Устя), Канады (Tundra) и Австрии (Мерлин).

Учеты, оценки и наблюдения проводили согласно методике государственного сортоиспытания [18]. Элементы агротехники, насколько это возможно для делянок ручного сева, приближены к рекомендуемым зональным. Посев выполнялся ручной сеялкой «Клен-1» рядового порционного высева. Уборка в фазу полной спелости и обмолот выполнялись вручную, одновременно со сноповым анализом. Взвешивание – на электронных весах ОНАУС SJX1502. Обработка экспериментальных данных проведена по Б. А. Доспехову с применением компьютерных программ Microsoft Office Excel и BIOGEN 2.05 [19; 20]. Посев в первый год исследований выполнен семенами, полученными из ВИР, во второй и третий – семенами репродукции, полученной в Ростовской области.

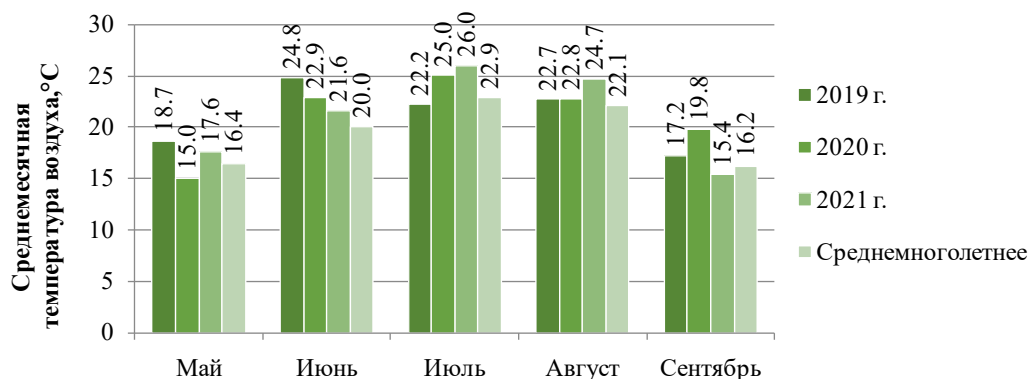


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха, п. Рассвет Ростовской обл., 2019–2021 гг.

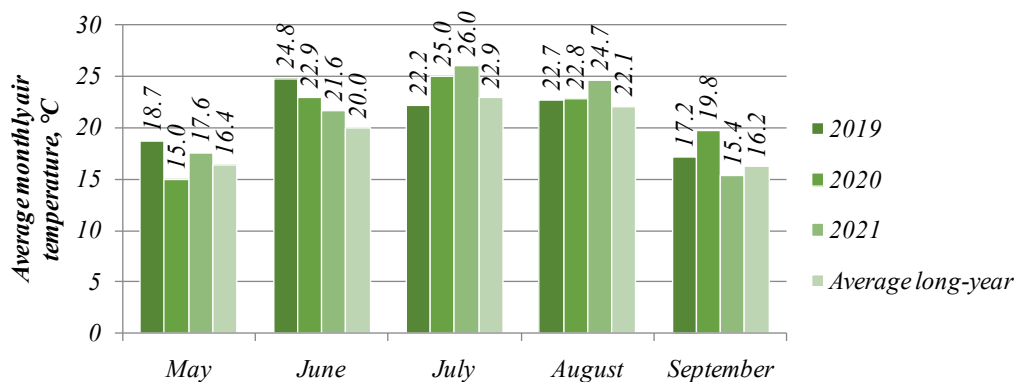


Fig. 1. Average monthly air temperature, Rassvet, Rostov region, 2019–2021

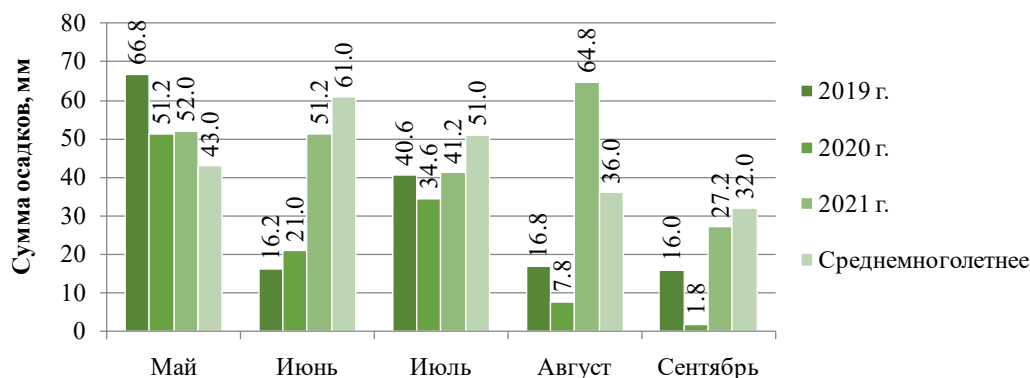


Рис. 2. Сумма осадков, п. Рассвет Ростовской обл., 2019–2021 гг.

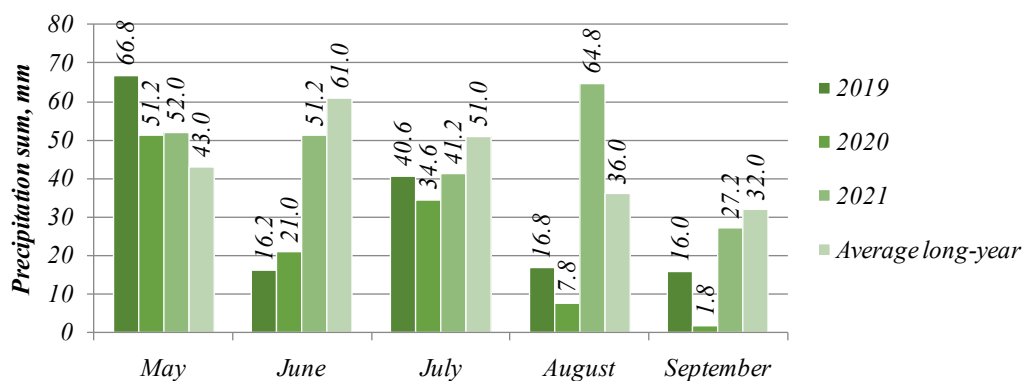


Fig. 2. Precipitation sum, Rassvet, Rostov region, 2019–2021

Изучение проводилось по следующим морфометрическим признакам: продолжительности вегетационного периода, высоте растений, высоте прикрепления нижнего боба, весу соломы с 1 растения, уборочному индексу.

Метеорологические условия за годы работы по данным метеостанции МК «Рассвет» складывались по-разному (рис. 1 и 2). Контрастные различия метеоусловий за время изучения коллекционного материала позволили сформировать разностороннюю и взвешенную его характеристику.

В большинстве случаев среднемесячные температуры во время вегетационного периода сои превышают среднеголетние значения ГМО Ростова-на-Дону. Наиболее высокие среднемесячные температуры наблюдались в весенний и раннелетний период 2019 г. В 2020 г. наибольшее превышение среднеголетних норм происходило в июне и июле, а также в сентябре. В 2021 г. отмечалось превышение среднеголетних норм во все месяцы вегетации сои, за исключением сентября.

Влагообеспеченность вегетационного периода сои сильно колебалась в условиях разных сезонов. Майские осадки во все три года превышали среднеголетнее значение. Но в первый летний месяц 2019 и 2020 гг. выпало менее трети осадков от нормы, это привело к истощению запасов влаги в почве. Острый дефицит влаги наблюдался в августе и сентябре 2019 и 2020 гг., количество выпавших осадков за период с мая по сентябрь составило

156,4 и 116,4 мм соответственно. Почвенная и воздушная засуха негативно отразилась на росте и развитии растений сои. Благоприятным по условиям влагообеспеченности был 2021 г., количество осадков с мая по сентябрь составило 236,4 мм против 223,0 среднеголетних.

Результаты (Results)

Вегетационный период играет важнейшую роль в формировании урожая, адаптивных и хозяйственных свойств сорта. При средней продолжительности вегетационного периода 106,5 дня он сильно колебался по годам, сокращаясь в засушливые 2019 и 2020 гг. до 99,6 и 102,4 дня соответственно в среднем по изучаемой выборке образцов (таблица 1). Подавляющее количество изученных образцов по Государственному реестру селекционных достижений отнесено к третьему (раннему) сроку созревания. Три сорта (Аванта, Самер 3 и Белгородская 7) отнесены в Госреестре ко второму (раннему) сроку созревания, один – Бара – к первому (очень раннему) сроку созревания. Информация о скороспелости сортов, не указанных в Госреестре 2021 г., взята на сайтах учреждений-оригинаторов. Но полученные данные свидетельствуют о значительном разнообразии коллекции по скороспелости в условиях Приазовья: размах варьирования составил 85,0–127,3 дня. Характер распределения образцов довольно равномерный, что указывает на возможность подбора исходного материала в значительном диапазоне скороспелости (рис. 3).

Таблица 1
Вегетационный период и морфометрические признаки генотипов сои,
п. Рассвет Ростовской обл. (2019–2021 гг.)

Величина	Вегетационный период, дней	Высота растения, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Вес соломы с 1 растения, г	Уборочный индекс, %
2019 г.					
Среднее	99,6	51,1	11,2	10,7	43,2
Минимум	72,0	28,3	6,3	5,3	35,1
Максимум	121,0	76,9	18,0	19,2	53,1
2020 г.					
Среднее	102,4	34,5	8,3	8,7	48,5
Минимум	92,0	20,1	5,1	3,7	37,5
Максимум	119,0	59,8	13,3	19,9	55,4
2021 г.					
Среднее	117,6	82,2	12,7	18,5	47,3
Минимум	91,0	32,1	6,9	8,6	38,1
Максимум	142,0	133,7	17,5	33,7	54,6
Среднее за три года (2019–2021 гг.)					
Среднее	106,5	55,9	10,7	12,7	46,3
Минимум	85,0	26,8	7,37	6,0	39,2
Максимум	127,3	88,3	14,9	22,6	51,7

Table 1

Vegetation period and morphometric traits of soybean genotypes, Rassvet, Rostov region (2019–2021)

<i>Value</i>	<i>Vegetation period, days</i>	<i>Plant height, cm</i>	<i>First pod height, cm</i>	<i>Weight of straw from 1 plant, g</i>	<i>Harvest index, %</i>
2019					
<i>Average</i>	99.6	51.1	11.2	10.7	43.2
<i>Minimum</i>	72.0	28.3	6.3	5.3	35.1
<i>Maximum</i>	121.0	76.9	18.0	19.2	53.1
2020					
<i>Average</i>	102.4	34.5	8.3	8.7	48.5
<i>Minimum</i>	92.0	20.1	5.1	3.7	37.5
<i>Maximum</i>	119.0	59.8	13.3	19.9	55.4
2021					
<i>Average</i>	117.6	82.2	12.7	18.5	47.3
<i>Minimum</i>	91.0	32.1	6.9	8.6	38.1
<i>Maximum</i>	142.0	133.7	17.5	33.7	54.6
Average three years (2019–2021)					
<i>Average</i>	106.5	55.9	10.7	12.7	46.3
<i>Minimum</i>	85.0	26.8	7.37	6.0	39.2
<i>Maximum</i>	127.3	88.3	14.9	22.6	51.7

Наиболее скороспелыми по результатам трехлетнего изучения (менее 95 дней) оказались сорта Чера 1, Соер 5, Алтом, Ланцетная, Аванта, Магева, Сибирячка и ВНИИОЗ 86. Наиболее продолжительным периодом вегетации (более 120 дней) характеризуются сорта Мечта, Киевская 98, Свапа, Дельта, Батя, Южанка, Китросса, Мерлин и Селекта 201. Указанные в Госреестре сорта, относящиеся к очень раннему и раннему срокам созревания, были не все наиболее скороспелыми в условиях опыта. По скороспелости выделился сорт Аванта, а сорта Бара и Самер показали средние значения этого показателя.

Высота растений, во многом определяющая экологическую конкурентоспособность культуры по отношению к сорной растительности, также сильно колебалась по годам. В засушливом 2020 г. высота растений в среднем составила 34,5 см, в наиболее благоприятном 2021 г. – 82,2 см. Трехлетнее изучение выявило диапазон варьирования высоты растений в пределах 26,8–88,3 см. При этом 43 % образцов находились в довольно узком интервале значений – от 47,3 до 57,6 см.

По результатам трехлетнего изучения выявлены наиболее низкорослые сорта (ниже 45 см) Чера 1, Соер 5, Заряница, Ланцетная, Алтом, Самер 1, Соер 3 и Соер 7. Наиболее высокорослые (выше 68 см) – Селекта 201, Мечта, Южанка, Свапа, Селекта 101, Дельта, Нега 1, Киевская 98 и Виктория.

Высота прикрепления нижнего боба характеризует пригодность посевов к уборке зерноуборочными комбайнами, слишком низкое значение данного признака влечет возрастание потерь зерна при уборке. В среднем за период исследований вы-

сота прикрепления нижнего боба составила 10,7 см. Это небольшое значение, но нужно принимать во внимание группу спелости изучаемого материала и плохую влагообеспеченность двух лет исследований из трех. Характер распределения образцов коллекции асимметричен с положительной (правосторонней) асимметрией. Иначе говоря, большинство образцов обладает низким значением данного признака.

Выделяются по высоте прикрепления нижнего боба (более 13 см) образцы Мечта, Свапа, Селекта 201, Южанка и Лири.

Вес соломы с 1 растения характеризует степень развития надземной биомассы и фотосинтетического аппарата, играя немаловажную роль в формировании урожая. Данный признак существенно колебался в различные по влагообеспеченности годы: от 8,7 г в засушливый 2020 г. до 18,5 в 2021 г. с нормальной влагообеспеченностью. Необходимо заметить, что по весу соломы с 1 растения отмечается наиболее сильное варьирование изученной коллекции, коэффициент вариации по трехлетним данным составляет 30,8 %. Характер распределения генотипов в коллекции правосторонний, 74 % образцов коллекции находятся в интервале 6,0–14,3 г рассматриваемого признака.

Минимальные значения веса соломы с 1 растения (менее 10 г) отмечены у образцов Чера 1, Ланцетная, Алтом, Соер 5, Самер 3, Бара, Осмонь, Заряница, Магева, Самер 1 и Соер 3. Высокие значения признака (более 16 г) наблюдались у образцов Свапа, Веретейка, Мечта, Батя, Дельта, Киевская 98, Селекта 101. Наивысшие значения признака (выше 20 г) – у образцов Южанка и Селекта 201.



Рис. 3. Распределение генотипов сои по средним за три года значениям морфометрических признаков, п. Рассвет Ростовской обл., 2019–2021 гг.

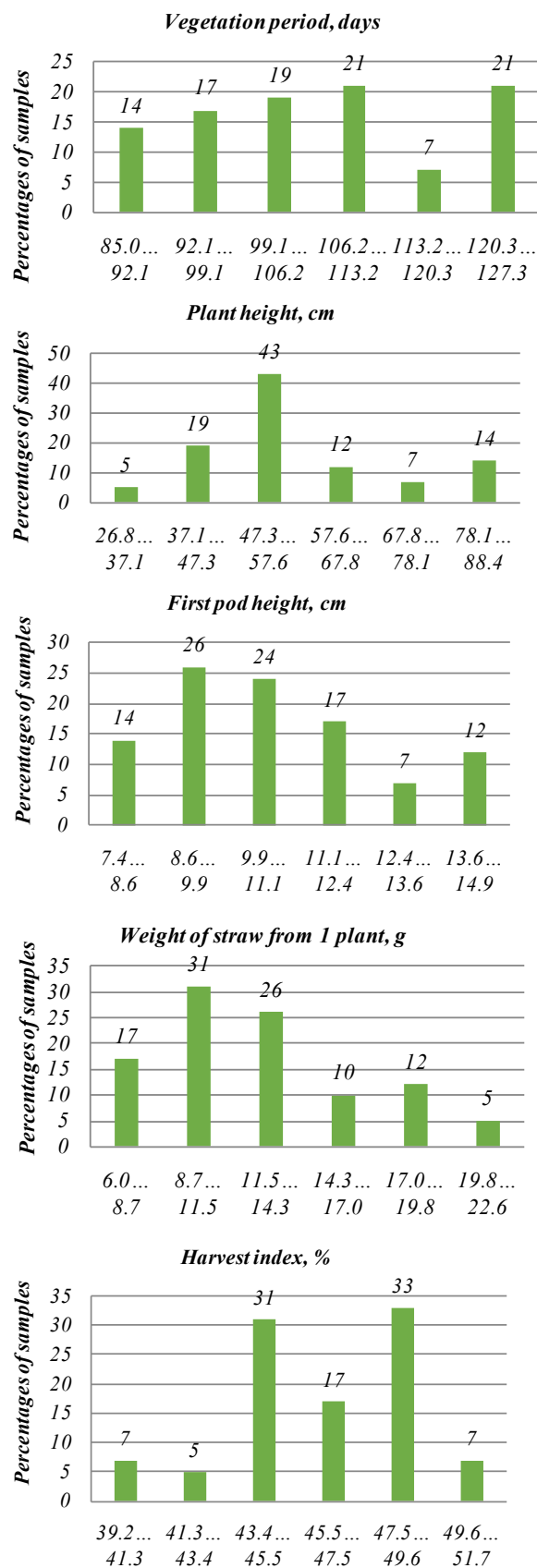


Fig. 3. Distribution of soybean genotypes by the three-years average values of morphometric traits, Rassvet, Rostov region, 2019–2021

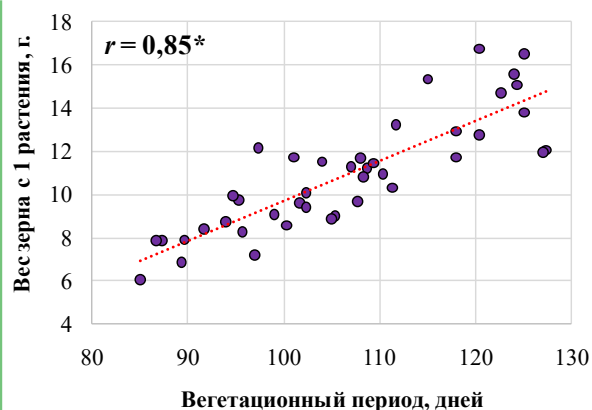


Рис. 4. Характер взаимосвязи между продолжительностью вегетационного периода и зерновой продуктивностью растения, п. Рассвет Ростовской обл., 2019–2021 гг.

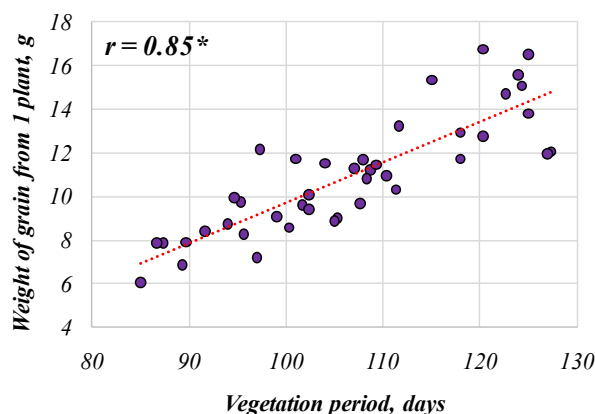


Fig. 4. Character of the relationship between duration of the vegetation period and the plant grain productivity, Rassvet, Rostov region, 2019–2021

Уборочный индекс рассчитан как отношение массы зерновой части к массе зерна и соломы, выраженный в процентах. Он является мерой эффективности процессов реутилизации и аттракции питательных веществ и подлежит непрерывному улучшению при селекции культурных растений. Уборочный индекс изученной коллекции составил в среднем 46,3 % с размахом варьирования 39,2–51,7 %. Среди других рассматриваемых морфометрических признаков он отличается наименьшим варьированием в пределах коллекции с коэффициентом вариации 6,11 %. Характер распределения генотипов коллекции по уборочному индексу левосторонний, 81 % образцов сосредоточен в интервале 43,4–49,6 %.

Наиболее высокие значения уборочного индекса (выше 49 %), характерные для современных, высокоинтенсивных сортов, наблюдаются у таких образцов, как Белгородская 7, Мерлин, Припять, Соер 5, Соер 3, Самер 3.

Зерновая продуктивность растения. Морфометрические признаки необходимо рассматривать с обязательной оглядкой на уровень продуктивности генотипа. Вес зерна с одного растения за ряд лет в среднем по коллекции составил 10,9 г, колеблясь от 8,2 г в засушливые 2019 и 2020 гг. до 16,4 г в благоприятный 2021 г. Варьирование генотипов коллекции в среднем за три года находилось в пределах 6,0–16,8 г. Высокую зерновую продуктивность за три года изучения (более 13,0 г) продемонстрировали образцы Селекта 201, Свапа, Южанка, Веретейка, Батя, Китросса, Дельта и Устя.

Корреляционная связь продолжительности вегетационного периода и зерновой продуктивности растения во все годы исследований была положительна, но сила связи была различна. В неблагоприятные по увлажнению годы ее можно охарактеризовать как связь средней силы: $r = 0,48^{*1}$ в 2019 г.

и $r = 0,64$ в 2020 г. В благоприятный 2021 г. связь усиливается до $r = 0,75$. При рассмотрении усредненных трехлетних значений наблюдается сильная положительная зависимость между продолжительностью вегетационного периода и весом зерна с одного растения (рис. 4).

Связь зерновой продуктивности с высотой растения по трехлетним данным $r = 0,75^{*}$, в разрезе лет: средней силы – сильная ($r = 0,55^{*} \dots 0,83^{*}$); причем наименьшая сила связи отмечена в благоприятном 2021 г. Связь продуктивности растения и высоты прикрепления нижнего боба не столь очевидна: $r = 0,25 \dots 0,54$ в разрезе лет, $r = 0,55$ – по трехлетним данным. Вес соломы с 1 растения сильно коррелирует с зерновой продуктивностью во все годы, $r = 0,86 \dots 0,93$, по трехлетним значениям $r = 0,82$. Связь зерновой продуктивности и уборочного индекса слаба и недостоверна, $r = -0,10 \dots 0,20$, при расчете по трехлетним данным $r = -0,31$. Наличие достоверных корреляций средней и высокой силы между морфометрическими признаками и зерновой продуктивностью растения свидетельствует об их существенном участии в процессе формирования урожая и необходимости их рассмотрения в процессе комплексного изучения селекционного материала.

Выделившиеся образцы. Наибольшую ценность для практической селекции представляют образцы, совмещающие сразу несколько позитивных качеств во главе с продуктивностью. Поэтому на основе полученных экспериментальных данных выделены образцы, сочетающие высокую продуктивность одного растения с морфометрическими признаками (таблица 2). Представленные образцы обладают относительно высокой продуктивностью растения (13,3 г) при среднеколлекционном значении 10,9 г.

Весьма схожи характеристики образцов Селекта 201, Свапа и Дельта: они обладают высокой продуктивностью растения, сравнительно высокорос-

¹ Здесь и далее коэффициент корреляции значим при $p < 0,05$.

Таблица 2

Генотипы сои, выделившиеся по комплексу морфометрических признаков,
п. Рассвет Ростовской обл., 2019–2021 гг.

Генотип	Вегетационный период, дней	Высота растения, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Вес соломы с 1 растения, г	Уборочный индекс, %	Вес зерна с 1 растения, г
Сойка	97,3	55,5	10,5	13,7	47,1	12,2
Tundra	101,0	56,0	10,6	12,4	45,7	11,7
Белгородская 7	104,0	51,1	11,8	10,6	51,7	11,5
Умка	107,0	54,8	10,5	12,8	47,4	11,3
Белгородская 8	108,0	51,2	12,4	13,8	46,1	11,7
Мерлин	120,3	58,1	11,0	13,0	50,1	12,8
Селекта 201	120,3	88,4	14,5	21,1	44,5	16,8
Китросса	122,7	55,8	11,5	15,0	48,5	14,7
Свапа	125,0	80,4	14,7	19,1	45,4	16,5
Дельта	125,0	78,5	12,7	17,6	44,4	13,8

Agrotechnologies

Table 2

Soybean genotypes, selected by a complex of morphometric traits, Rassvet, Rostov region, 2019–2021

Genotype	Vegetation period, days	Plant height, cm	First pod height, cm	Weight of straw from 1 plant, g	Harvest index, %	Weight of grain from 1 plant, g
Soyka	97.3	55.5	10.5	13.7	47.1	12.2
Tundra	101.0	56.0	10.6	12.4	45.7	11.7
Belgorodskaya 7	104.0	51.1	11.8	10.6	51.7	11.5
Umka	107.0	54.8	10.5	12.8	47.4	11.3
Belgorodskaya 8	108.0	51.2	12.4	13.8	46.1	11.7
Merlin	120.3	58.1	11.0	13.0	50.1	12.8
Selekta 201	120.3	88.4	14.5	21.1	44.5	16.8
Kitrossa	122.7	55.8	11.5	15.0	48.5	14.7
Svapa	125.0	80.4	14.7	19.1	45.4	16.5
Del'ta	125.0	78.5	12.7	17.6	44.4	13.8

лые, с высоким прикреплением нижнего боба, но низким уборочным индексом и продолжительным вегетационным периодом. Обособляются образцы Сойка, Умка и Tundra: они скороспелые, но с наименьшей высотой прикрепления нижнего боба. Мерлин и Китросса довольно сбалансированы, демонстрируют неплохой уровень продуктивности растения в сочетании с высоким уборочным индексом. Белгородская 7 и Белгородская 8 эффективно сочетают высоту растений с высотой прикрепления нижнего боба, сравнительно скороспелы. Белгородская 7 при этом обладает еще и высоким уборочным индексом.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Постоянный поиск оригинального исходного материала является неотъемлемой составной частью селекционного процесса. Залогом его эффективности служит адресный подбор материала, адаптированного для местных почвенно-климатических условий. В ходе исследований, выполненных в 2019–2021 гг., выявлено значительное разнообразие коллекционного материала сои по продол-

жительности вегетационного периода и основным морфометрическим признакам. Контрастные различия сезонов по влагообеспеченности позволили дать взвешенную оценку коллекционному материалу сои, полнее раскрыть адаптивные и потенциальные возможности генотипов.

Установлены образцы, ценные по скороспелости, с периодом вегетации менее 95 дней: Чера 1, Соер 5, Алтом, Ланцетная, Аванта, Магева, Сибирячка и ВНИИОЗ 86. Высоким прикреплением нижнего боба (более 13 см) характеризуются образцы Мечта, Свапа, Селекта 201, Южанка и Лира. Уборочный индекс достигает наибольших значений (выше 49 %) у образцов Белгородская 7, Мерлин, Припять, Соер 5, Соер 3, Самер 3. В пределах изученной коллекции высота растений и вес соломы с 1 растения являются наиболее варьирующими морфометрическими признаками с коэффициентами вариации 24,9 % и 30,8 % соответственно. Это дает возможность выбора генотипов с заданным уровнем проявления признака.

Выделены перспективные образцы, сочетающие высокую продуктивность растения со скоростью и отдельными морфометрическими признаками: Сойка, Tundra, Белгородская 7, Умка, Белгородская 8, Мерлин, Селекта 201, Китросса, Свапа и Дельта. Они представляют интерес для включения в селекционные программы по сое для создания раннеспелых сортов, адаптированных к агроэкологическим условиям Приазовья.

Обращает на себя внимание разнообразие выделенных образцов по происхождению. Они представлены сортами, созданными не только в Северо-Кавказском, но и в Центрально-Черноземном, Дальневосточном регионах РФ, Австрии и Канаде. Это еще раз подчеркивает специфичность агроэко-

логических условий Приазовья и указывает на необходимость изучения в этих условиях коллекционного материала различного происхождения.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану по проекту № 0506-2019-0002 «Сформировать и изучить базовые коллекции генетических ресурсов сои, нута и пшеницы для выделения и создания селекционно-перспективных форм».

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану по проекту № 0481-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».

Библиографический список

1. Шабалкина Н. А. Тенденции производства и использования соевых бобов в мире // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 10 (79). С. 59–66. DOI: 10.33938/2110-59.
2. Sobko O., Stahl A., Hahn V., Zikeli S., Claupen W., Gruber S. Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) Merr) production in central and south Germany [e-resource] // Agronomy. 2020. No. 10 (12). Article number 1847. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/12/1847> (date of reference: 15.02.2022). DOI: 10.3390/agronomy10121847.
3. Weeraseskara I., Sinniah U. R., Namasivayam P., Nazli M. H., Abdurahman S. A., Ghazali M. N. The influence of seed production environment on seed development and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) [e-resource] // Agronomy. 2021. No. 11 (7). Article number 1430. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/7/1430> (date of reference: 17.02.2022). DOI: 10.3390/agronomy11071430.
4. Onat B., Bakal H., Gulluoglu L., Arioglu H. The effects of high temperature at the growing period on yield and yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr] varieties // Turkish journal of field crops. 2017. No. 22 (2). Pp. 178–186. DOI: 10.17557/tjfc.356210.
5. Bello S. K., Shobayo A. B., Ibrahim M. M., Alasinrin S. Y., Aliyu, I. A., Yusuf A. A. Biological nitrogen fixation contributes to soil productivity in tropical agroecologies // Nigerian Journal of Soil Science. 2021. No. 31 (1). Pp. 1–14. DOI: 10.36265.njss.2020.310101.
6. Быков В. Г., Шабалкина Н. А. Развитие производства и импорта сои в геостратегических территориях Дальнего Востока // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 11 (80). С. 134–141. DOI: 10.33938/2111-134.
7. Антонов С. И., Короткова О. В., Ермолина О. В., Цыганова О. В., Вершинин А. Н. Современное состояние и перспективы селекционной работы по сое на Дону // Зерновое хозяйство России. 2009. № 1. С. 17–19.
8. Ермолина О. В., Короткова О. В. Изменение архитектоники растений сои в процессе селекции на Дону // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 4 (12). С. 52–56.
9. Novikova L. Y., Bulakh P. P., Nekrasov A. Y., Seferova I. V. Soybean Response to Weather and Climate Conditions in the Krasnodar and Primorye Territories of Russia over the Past Decades [e-resource] // Agronomy. 2020. Vol. 9. No. 10. Article number 10091278. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/9/1278> (date of reference: 01.02.2022). DOI: 10.3390/agronomy10091278.
10. Шабалдас О. Г., Пимонов К. И., Зайцев Н. И., Фролов С. С. Реакция сортов сои различных групп спелости на абиотические факторы в условиях восточной зоны Краснодарского края // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 67–72. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp67-72.
11. Ашиев А. Р., Чегунова А. В., Скулова М. В., Хабибуллин К. Н., Кравченко Н. С. Влияние вегетационного периода на урожайность, содержание белка и масла в зерне коллекционных образцов сои // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6 (78). С. 33–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-33-38.
12. Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Матвейчук П. В. Продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы и сои в ООО «Дубовицкое» // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 1 (33). С. 92–98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11162.
13. Зайцев В. Н., Зайцева А. И., Мазалов В. И. Соя как предшественник озимых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2 (18). С. 116–120.

14. Сеферова И. В., Перчук И. Н., Бойко А. П. Результаты изучения коллекционных образцов сои на Адлерской опытной станции ВИР в 2016–2018 гг. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 51–57. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11185.
15. Некрасов А. Ю. Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 1. № 181. С. 48–52. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-48-52.
16. Песочина Л. С. Позднеголоценовая динамика процессов почвообразования в степях Приазовья по данным почвенно-археологических исследований // Российский журнал прикладной экологии. 2019. № 1 (17). С. 41–46.
17. Сеферова И. В., Бойко А. П., Перчук И. Н., Шеленга Т. В., Шолухова Т. А. Результаты изучения образцов сои на Адлерской опытной станции ВИР в 2013–2015 гг. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 3. № 179. С. 143–151. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-143-151.
18. Федин М. А. [и др.] Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур. Вып. 1 (Общая часть). Москва, 1985. 270 с.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
20. Лебедько Е. Я., Хохлов А. М., Барановский Д. И., Гетманец О. М. Биометрия в MS Excel: учебное пособие. 2-е изд. стер. Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2020. 172 с.

Об авторах:

Александр Александрович Козлов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и генетики сельскохозяйственных культур, ORCID 0000-0003-0290-0398, AuthorID 209466; +7 928 147-16-13, kozlov86@bk.ru

Борис Васильевич Романов¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных культур, ORCID 0000-0002-0701-1584, AuthorID 241896; +7 938 155-69-01, triticumrbw@mail.ru

Ирина Владимировна Сеферова², кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов зернобобовых культур, ORCID 0000-0003-3308-9198, AuthorID 88897; +7 812 314-47-32, i.seferova@vir.nw.ru

¹ Федеральное Ростовское аграрное научное учреждение, Рассвет, Россия

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

Vegetation period and basic morphometric traits of soybean germplasm in the conditions of Azov region

A. A. Kozlov¹✉, B. V. Romanov¹, I. V. Seferova²

¹ Federal Rostov Agrarian Research Center, Rassvet, Russia

² Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Saint Petersburg, Russia

✉E-mail: kozlov86@bk.ru

Abstract. The mission of this work is to screen the soybean germplasm by vegetation period and the basic morphometric traits in the agroecological conditions of Azov region, to identify perspective samples for inclusion in the breeding process. **Methods.** The objects of research were 42 soybean genotypes from the VIR N. I. Vavilov collection. In the progress of the work were followed the methods of state variety testing of agricultural crops. Field research was carried out in the Aksai district of the Rostov region in 2019–2021, differing by meteorological conditions. **Scientific novelty.** In the agroecological conditions of the Azov region were identified highly productive and short vegetation period soybean genotypes with wide amplitude of variation in the basic morphometric traits. **Results.** The vegetation period of the researched genotypes was within 85.0–127.3 days. The most early maturing varieties are Chera 1, Soer 5, Altom, Lantsetnaya, Avanta, Mageva, Sibiryachka and VNIIOZ 86. The range of variation by terms of plant height in the collection samples was 26.8–88.3 cm. The shortest-stem varieties were Chera 1, Soer 5, Zaryanitsa, Lantsetnaya, Altom, Samer 1, Soer 3 and Soer 7, the longest-stem were Selekt 201, Mechta, Yuzhanka, Svapa, Selekt 101, Del'ta, Nega 1, Kievskaya 98 and Viktoriya. First pod height was 10.7 cm. The highest value of this trait is characteristic for the varieties Mechta, Svapa, Selekt 201, Yuzhanka and Lira. The weight of straw from 1 plant was 12.7 g on average over three years of research, decreasing in the dry

year of 2020 to 8.7 g. The minimum value of this trait in the Chera 1 variety (6.0 g), the maximum (22.6 g) in the Yuzhanka variety. The average harvesting index for the researched varieties was 46.3 %. The highest values of the harvesting index were noted in the varieties Belgorodskaya 7, Merlin, Pripyat', Soer 5, Soer 3, Samer 3. As a result of the study were selected samples with a complex of valuable traits: Soyka, Tundra, Belgorodskaya 7, Umka, Belgorodskaya 8, Merlin, Selekt 201, Kitrossa, Svapa and Del'ta.

Keywords: soybean, glycine max, germplasm, variety, sample, genotype, morphometric traits, vegetation period, Azov region.

For citation: Kozlov A. A., Romanov B. V., Seferova I. V. Vegetatsionnyy period i osnovnyye morfometricheskiye priznaki kollektsionnogo materiala soi v usloviyakh Priazov'ya [Vegetation period and basic morphometric traits of soybean germplasm in the conditions of Azov region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (219). Pp. 14–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-14-25. (In Russian.)

Date of paper submission: 18.02.2022, **date of review:** 25.02.2022, **date of acceptance:** 03.03.2022.

References

1. Shabalkina N. A. Tendentsii proizvodstva i ispol'zovaniya soyevykh bobov v mire [Trends in the production and use of soy beans in the world] // Economy, labor, management in agriculture. 2021. No. 10 (79). Pp. 59–66. DOI: 10.33938/2110-59. (In Russian.)
2. Sobko O., Stahl A., Hahn V., Zikeli S., Claupein W., Gruber S. Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) Merr) production in central and south Germany [e-resource] // Agronomy. 2020. No. 10 (12). Article number 1847. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/12/1847> (date of reference: 15.02.2022). DOI: 10.3390/agronomy10121847.
3. Weeraseskara I., Sinniah U. R., Namasivayam P., Nazli M. H., Abdurahman S. A., Ghazali M. N. The influence of seed production environment on seed development and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) [e-resource] // Agronomy. 2021. No. 11 (7). Article number 1430. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/7/1430> (date of reference: 17.02.2022). DOI: 10.3390/agronomy11071430.
4. Onat B., Bakal H., Gulluoglu L., Arioglu H. The effects of high temperature at the growing period on yield and yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr] varieties // Turkish journal of field crops. 2017. No. 22 (2). Pp. 178–186. DOI: 10.17557/tjfc.356210.
5. Bello S. K., Shobayo A. B., Ibrahim M. M., Alasinrin S. Y., Aliyu, I. A., Yusuf A. A. Biological nitrogen fixation contributes to soil productivity in tropical agroecologies // Nigerian Journal of Soil Science. 2021. No. 31 (1). Pp. 1–14. DOI: 10.36265.njss.2020.310101.
6. Bykov V. G., Shabalkina N. A. Razvitiye proizvodstva i importa soi v geostrategicheskikh territoriyakh Dal'nego Vostoka [Development of production and import of soy in geostrategic areas of the far east] // Economy, labor, management in agriculture. 2021. No. 11 (80). Pp. 134–141. DOI: 10.33938/2111-134. (In Russian.)
7. Antonov S. I., Korotkova O. V., Ermolina O. V., Tsyganova O. V., Vershinin A. N. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy selektsionnoy raboty po soye na Donu [Current state and prospects of soybean breeding on the don river region] // Grain Economy of Russia. 2009. No. 1. Pp. 17–19. (In Russian.)
8. Ermolina O. V., Korotkova O. V. Izmeneniye arkhitektoniki rasteniy soi v protsesse selektsii na Donu [Change of an architectonics of plants of soya in the course of selection at Don] // Legumes and Groat Crops. 2014. No. 4 (12). Pp. 52–56. (In Russian.)
9. Novikova, L. Y.; Bulakh, P. P.; Nekrasov, A. Y.; Seferova, I. V. Soybean Response to Weather and Climate Conditions in the Krasnodar and Primorye Territories of Russia over the Past Decades [e-resource] // Agronomy. 2020. Vol. 9. No. 10. Article number 10091278. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/9/1278> (date of reference: 01.02.2022) DOI: 10.3390/agronomy10091278.
10. Shabaldas O. G., Pimonov K. I., Zaytsev N. I., Frolov S. S. Reaktsiya sortov soi razlichnykh grupp spelosti na abioticheskiye faktory v usloviyakh vostochnoy zony Krasnodarskogo kraya [The reaction of soybean varieties of different maturity groups to abiotic factors in the conditions of the eastern zone of the Krasnodar territory] // The Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 10. Pp. 67–72. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp67-72. (In Russian.)
11. Ashiyev A. R., Chegunova A. V., Skulova M. V., Khabibullin K. N., Kravchenko N. S. Vliyaniye vegetatsionnogo perioda na urozhaynost', soderzhaniye belka i masla v zerne kollektsionnykh obrabotok soi [The effect of a vegetation period on productivity, protein and oil percentage in grain of the collection soybean samples] // Grain Economy of Russia. 2021. № 6 (78). Pp. 33–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-33-38. (In Russian.)
12. Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Matveychuk P. V. Produktivnost' i kachestvo zerna sortov ozimoy pshenitsy i soi v OOO "Dubovitskoye" [Productivity and grain quality of winter wheat and soybean varieties at LLC "Dubovitskoye"]

vitskoe”] // Legumes and Groat Crops. 2020. No. 1 (33). Pp. 92–98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11162. (In Russian.)

13. Zaytsev V. N., Zaytseva A. I., Mazalov V. I. Soya kak predshestvennik ozimym kul'tur [Soya as the predecessor of winter crops] // Legumes and Groat Crops. 2016. No. 2 (18). Pp. 116–120. (In Russian.)

14. Seferova I. V., Perchuk I. N., Boyko A. P. Rezul'taty izucheniya kollektсионnykh obraztsov soi na Adlerskoy opytной stantsii VIR v 2016–2018 gg. [Testing of soybeans collection at Adler experimental station of VIR in 2016–2018] // Legumes and Groat Crops. 2020. No. 3 (35). Pp. 51–57. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11185. (In Russian.)

15. Nekrasov A. Yu. Soya: istochniki iz kolleksii geneticheskikh resursov VIR [Soybean: sources from the VIR collection of genetic resources] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2020. Vol. 1. No. 181. Pp. 48–52. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-48-52. (In Russian.)

16. Pesochina L. S. Pozdnegolotsenovaya dinamika protsessov pochvoobrazovaniya v stepyakh Priazov'ya po dannym pochvenno-arkheologicheskikh issledovaniy [The dynamics of the late holocene soil formation processes in the steppes of the Azov region based on the soil-archeological investigations] // Russian Journal of Applied Ecology. 2019. № 1 (17). Pp. 41–46. (In Russian.)

17. Seferova I. V., Boyko A. P., Perchuk I. N., Shelenga T. V., Sholukhova T. A. Rezul'taty izucheniya obraztsov soi na Adlerskoy opytной stantsii VIR v 2013–2015 gg. [The results of testing soybean accessions at Adler Experiment Station of VIR in 2013–2015] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2018. Vol. 3. No. 179. Pp. 143–151. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-143-151. (In Russian.)

18. Fedin M. A. et al. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Issue. 1 (General part). Moscow, 1985. 270 p. (In Russian.)

19. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian.)

20. Lebed'ko E. Ya., Khokhlov A. M., Baranovskiy D. I., Getmanets O. M. Biometriya v MS Excel: uchebnoe posobie [Biometry in MS Excel: a textbook]. 2nd ed., ster. Saint Petersburg: Izdatel'stvo “Lan”, 2020. 172 p. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr A. Kozlov¹, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of breeding and genetics of agricultural crops, ORCID 0000-0003-0290-0398, AuthorID 209466; +7 928 147-16-13, kozlov86@bk.ru

Boris V. Romanov¹, candidate of biological sciences, senior researcher of the laboratory of breeding and genetics of agricultural crops, ORCID 0000-0002-0701-1584, AuthorID 241896; +7 938 155-69-01, triticumrbw@mail.ru

Irina V. Seferova², candidate of biological sciences, leading researcher of the department of genetic resources of legumes, ORCID 0000-0003-3308-9198, AuthorID 88897; +7 812 314-47-32, i.seferova@vir.nw.ru

¹Federal Rostov Agrarian Research Center, Rassvet, Russia

²Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Saint Petersburg, Russia

Применение регулятора роста «Эдагум СМ» на посевах озимой пшеницы в РСО-Алания

А. А. Тедеева¹, В. В. Тедеева¹✉

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

✉E-mail: vikkimarik@bk.ru

Аннотация. Авторами представлены результаты применения регулятора роста на посевах озимой пшеницы в условиях степной зоны Республики Северная Осетия – Алания. **Цель работы** – изучить влияние регулятора роста «Эдагум СМ» на рост, развитие, продуктивность и качество зерна перспективных сортов озимой пшеницы с учетом эколого-экономической эффективности и совершенствование на этой основе ресурсосберегающей технологии возделывания культуры в условиях степной зоны РСО-Алания. **Научная новизна** состоит в том, что изучены особенности роста и развития перспективных сортов озимой пшеницы в зависимости от доз регулятора роста «Эдагум СМ» и показано их влияние на фотосинтетическую деятельность растений. Установлены оптимальные нормы высева перспективных сортов, обеспечивающие высокую продуктивность культуры и повышение качественных показателей получаемой продукции. Объектом исследований были высокоурожайные сорта озимой пшеницы Гомер и Баграт селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко». **Методы.** Учеты и наблюдения проводили по общепринятым методам, описанным учебно-методическом руководстве по проведению исследований в агрономии. **Результаты.** В результате применения регулятора роста по сортам Гомер и Баграт оптимальным вариантом является вариант «Эдагум СМ» (450 мл/га), а оптимальной нормой высева – 5 млн/га (сорт Гомер) и 4 млн/га (сорт Баграт). Наибольшее формирование фотосинтетической деятельности наблюдалось в период выхода в трубку – колошения. Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы повышалась от фазы кущения к фазе выхода в трубку и максимальных показателей достигала в период «колошение – молочная спелость». Урожайность культуры в зависимости от дозы регулятора роста возрастала на 0,13–0,22 т/га (сорт Гомер, норма высева 3 млн/га). Показатель натурности зерна в зависимости от изучаемых вариантов изменялся в пределах 691–722 г/л (сорт Гомер) и 689–720 г/л (сорт Баграт). Содержание белка варьировало в диапазоне 10,1–13,2 %, а клейковины – 24–26 %. Рентабельность колебалась в пределах 22–47 %.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, нормы высева, регулятор роста, фотосинтетическая деятельность, качество зерна, элемент технологии, экономическая эффективность, продуктивность.

Для цитирования: Тедеева А. А., Тедеева В. В. Применение регулятора роста «Эдагум СМ» на посевах озимой пшеницы в РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 26–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-26-36.

Дата поступления статьи: 25.02.2022, **дата рецензирования:** 11.03.2022, **дата принятия:** 21.03.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Среди зерновых культур наиболее распространенной на земном шаре является пшеница, посевная площадь которой превышает 240 млн га. По посевным площадям и производству зерна пшеницы Российская Федерация занимает одно из ведущих мест в мире [1–5].

Одним из способов стимуляции роста и развития растений, повышения урожайности, качества продукции, а также устойчивости растений к вредителям и болезням является применение регуляторов

роста. Они способны в малых дозах положительно влиять на процессы метаболизма в растениях и приводить к значительным положительным изменениям процессов роста и развития [6–9]. Практическое значение этих препаратов определяется, прежде всего, их действием на процессы развития растений на разных этапах онтогенеза и способностью значительно ускорять рост и повышать урожайность. При этом использование регуляторов роста следует рассматривать как экологически чистый и экономически эффективный способ повышения продуктивности

сельскохозяйственных культур, способствующий более полной реализации биоресурсного потенциала растений, в том числе озимой пшеницы [10–13].

Регуляторы роста, обладая антистрессовыми свойствами, повышают устойчивость растений к низким и высоким температурам, избытку и недостатку воды, засухе и заморозкам. Следовательно, широкое применение регуляторов роста следует рассматривать как важный элемент в технологии возделывания озимой пшеницы [14–17].

Методология и методы исследования (Methods)

Экспериментальные исследования проводились на расположенных в степной зоне (Моздокский район) опытных полях Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства ВНИЦ РАН в 2019–2021 гг.

Степная зона предгорий Северного Кавказа (150–450 м над уровнем моря) по характеру растительности относится к полынно-злаковым провинциям. Климат в зоне континентальный жаркий. Весна здесь начинается с первой декады марта, когда температура устойчиво превышает 0 °С. Осадки выпадают неравномерно и не обеспечивают оптимального водного режима для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Среднегодовое количество осадков составляет 360–480 мм. Из них на вегетационный период приходится 289–300 мм. Больше осадков выпадает летом (170–200 мм), меньше – зимой.

Среднемесячная температура января составляет –3,0...–3,6 °С, июля – 25,3 °С, устойчивый переход температуры воздуха через +10 °С отмечается весной 15–20 апреля, осенью – 5–10 ноября.

Почвы представлены предкавказскими мощными и средней мощности карбонатными и обыкновенными черноземами, переходящими на северо-востоке в каштановые. Мощность гумусового слоя достигает 60–100 см, а содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 3 до 4,9 %. Реакция почвы слабощелочная (рН в пределах 7,6–8,0).

Опыты закладывались в трехкратной повторности, размещение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки – 63 м², учетная – 38 м². Статистическая обработка исследований проводилась методом дисперсионного анализа.

Уборку урожая озимой пшеницы провели в фазу полной спелости при влажности зерна 13–14 %.

В результате исследований в ходе вегетации озимой пшеницы отбирались почвенные и растительные образцы, проводились учеты, наблюдения и анализы по общепринятым методикам.

Все показатели определялись согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур:

– в фазы всходов, кушения, конца осенней и начала весенней вегетации, выхода в трубку, колошения, цветения, молочной, восковой и полной спелости зерна проводились фенологические наблюдения;

– после появления всходов на закрепленных площадках (размером 0,33 м², размещенных в 3 точках по диагонали делянки в двух несмежных повторениях) отмечали густоту стояния и количество стеблей озимой пшеницы;

– на 100 растениях (от узла кушения до верхушки вытянутого листа или колоса на главном побеге) отмеряли высоту;

– из общих проб на 100 растениях проводили подсчет общей и продуктивной кустистости;

– фитосанитарный мониторинг состояния посевов проводили по методике ВИЗР.

Полевые опыты закладывали по следующей схеме:

1. Контроль (без биостимулятора роста).

2. «Эдагум СМ» – 400 мл/га (опрыскивание в фазу весеннего кушения).

3. «Эдагум СМ» – 450 мл/га (опрыскивание в фазу весеннего кушения).

4. «Эдагум СМ» – 500 мл/га (опрыскивание в фазу весеннего кушения).

В опыте были изучены следующие нормы высева: 3 млн, 4 млн, 5 млн всхожих семян на 1 га на двух сортах озимой пшеницы – Гомер и Баграт.

Общая площадь посевов – 8 га. Перед посевом семена были обработаны пестицидами:

– «Табу Нео, СК» с нормой применения препарата 1 кг/т (уникальный двухкомпонентный инсектицидный протравитель семян для защиты от почвообитающих и наземных вредителей);

– «Максим Форте, КС» – 1,75 кг/т (трехкомпонентный фунгицид с выраженным физиологическим эффектом для защиты семян высокоинтенсивных сортов озимой пшеницы от широкого комплекса патогенов).

При посеве вносилось комплексное серосодержащее азотно-фосфорное удобрение «Сульфаммофос» с нормой внесения 100 кг/га.

Результаты (Results)

Для озимой пшеницы одним из наиболее важных при формировании урожая является период «посев – всходы», который в зависимости от изучаемых факторов варьировал в пределах 11–14 дней. Продолжительность вегетационного периода от появления всходов до полной спелости составила 248–254 дня.

От того, как будут развиваться растения в осенний период, во многом зависит будущее урожая. В осенний период вегетации с появлением всходов заканчиваются рост и дифференциация зародышевых органов. Получение хороших всходов в осенний период – одно из основных условий при возделывании озимой пшеницы.

Проведенные исследования позволили отметить незначительное влияние изучаемых факторов (норма высева, различные дозы регулятора роста) на формирование густоты стояния растений. По сортам Гомер и Баграт оптимальным вариантом является вариант «Эдагум СМ» (450 мл/га), а опти-

мальной нормой высева с точки зрения густоты стояния растений является 5 млн/га (сорт Гомер) и 4 млн/га (сорт Баграт) (таблица 1). Наибольшая разница между изучаемыми вариантами была отмечена в фазы выхода в трубку, колошения, молочной спелости. При этом значения по сорту Гомер превосходили значения сорта Баграт.

На протяжении всего периода вегетации идет активный рост растений озимой пшеницы, который возможен только при соответствии условий ее произрастания потребностям на каждом этапе развития.

Являясь генетически обусловленным признаком, высота растений широко варьирует под влиянием внешних условий. Наши наблюдения за ро-

Таблица 1
Влияние различных доз регулятора роста и норм высева на густоту стояния растений сортов озимой пшеницы в условиях степной зоны РСО-Алания (2019–2021 гг., шт/м²)

Сорта	Регулятор роста	Норма высева	Фаза вегетации			
			Весеннее кущение (конец фазы)	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость зерна
Гомер	1. Контроль	а) 3 млн	411,3	331,4	326,1	311,8
		б) 4 млн	414,8	348,3	340,6	338,6
		в) 5 млн	416,3	355,6	342,2	339,1
	2. «Эдагум СМ» (400 мл/га)	а) 3 млн	412,6	336,2	331,8	328,4
		б) 4 млн	418,8	350,6	343,9	341,2
		в) 5 млн	421,3	357,2	351,2	346,8
	3. «Эдагум СМ» (450 мл/га)	а) 3 млн	416,1	340,1	336,1	334,2
		б) 4 млн	422,3	354,8	350,9	348,6
		в) 5 млн	426,1	360,3	353,2	351,8
	4. «Эдагум СМ» (500 мл/га)	а) 3 млн	413,2	337,1	330,0	328,4
		б) 4 млн	414,8	342,1	336,2	331,5
		в) 5 млн	415,4	343,8	336,8	332,4
Баграт	1. Контроль	а) 3 млн	409,7	328,9	322,6	305,1
		б) 4 млн	412,6	345,1	336,1	332,1
		в) 5 млн	414,3	352,2	330,1	330,8
	2. «Эдагум СМ» (400 мл/га)	а) 3 млн	410,8	333,1	327,6	324,1
		б) 4 млн	416,3	347,2	342,3	340,2
		в) 5 млн	419,8	354,6	337,6	337,1
	3. «Эдагум СМ» (450 мл/га)	а) 3 млн	414,6	337,1	332,4	330,1
		б) 4 млн	420,1	351,8	346,4	342,6
		в) 5 млн	424,9	357,3	340,1	340,0
	4. «Эдагум СМ» (500 мл/га)	а) 3 млн	411,1	334,1	325,3	322,7
		б) 4 млн	412,6	340,1	333,2	330,6
		в) 5 млн	413,8	342,1	331,0	327,1

Table 1
The effect of different doses of the growth regulator and seeding rates on the density of standing plants of winter wheat varieties in the conditions of the steppe zone of the Republic of North Ossetia – Alania (2019–2021, pcs/m²)

Varieties	Growth regulator	Seeding rate	Vegetation phase			
			Spring tillering (end of phase)	Exit into the tube	Earing	Milk ripeness of grain
Gomer	1. Control	a) 3 mln	411.3	331.4	326.1	311.8
		b) 4 mln	414.8	348.3	340.6	338.6
		c) 5 mln	416.3	355.6	342.2	339.1
	2. "Edagum SM" (400 ml/ha)	a) 3 mln	412.6	336.2	331.8	328.4
		b) 4 mln	418.8	350.6	343.9	341.2
		c) 5 mln	421.3	357.2	351.2	346.8
	3. "Edagum SM" (450 ml/ha)	a) 3 mln	416.1	340.1	336.1	334.2
		b) 4 mln	422.3	354.8	350.9	348.6
		c) 5 mln	426.1	360.3	353.2	351.8
	4. "Edagum SM" (500 ml/ha)	a) 3 mln	413.2	337.1	330.0	328.4
		b) 4 mln	414.8	342.1	336.2	331.5
		c) 5 mln	415.4	343.8	336.8	332.4
Bagrat	1. Control	a) 3 mln	409.7	328.9	322.6	305.1
		b) 4 mln	412.6	345.1	336.1	332.1
		c) 5 mln	414.3	352.2	330.1	330.8
	2. "Edagum SM" (400 ml/ha)	a) 3 mln	410.8	333.1	327.6	324.1
		b) 4 mln	416.3	347.2	342.3	340.2
		c) 5 mln	419.8	354.6	337.6	337.1
	3. "Edagum SM" (450 ml/ha)	a) 3 mln	414.6	337.1	332.4	330.1
		b) 4 mln	420.1	351.8	346.4	342.6
		c) 5 mln	424.9	357.3	340.1	340.0
	4. "Edagum SM" (500 ml/ha)	a) 3 mln	411.1	334.1	325.3	322.7
		b) 4 mln	412.6	340.1	333.2	330.6
		c) 5 mln	413.8	342.1	331.0	327.1

стом и развитием растений озимой пшеницы позволили отметить воздействие изучаемых факторов на ее высоту.

Установлено, что в конце фазы весеннего кущения высота растений в зависимости дозы регулятора роста и нормы высева (сорт Гомер) колебалась в пределах 23,1–29,1 см, в фазу выхода в трубку – 40,6–54,3 см, колошения – 64,8–76,2 см, молочной спелости зерна – 68,3–77,1. Аналогичные показатели сорта Баграт составили 22,7–28,4 см, 39,5–53,8 см, 63,5–75,8 см, 67,5–76,1 см.

Преимуществом характеризовался вариант «Эдагум СМ» (450 мл/га) с нормой высева 5 млн/га по обоим сортам.

Отмечено, что активная фаза растений озимой пшеницы отмечалась в межфазный период «выход в трубку – колошение», что способствовало существенному увеличению анализируемого показателя – 1,5–1,6 раза. В последующий период – от колошения до молочной спелости – увеличение линейного роста растений озимой пшеницы происходило менее интенсивно по сравнению с предыдущим межфазным периодом и составило всего несколько сантиметров, сохранив те же тенденции зависимости от изучаемых факторов.

Важной особенностью озимой пшеницы является ее способность к побегообразованию, которая позволяет ей восстанавливаться и использовать пространство для формирования наибольшей урожайности. Определенное положительное влияние на данный процесс оказывали и дозы регулятора роста и нормы высева. Так, в фазу весеннего кущения общая кустистость по изучаемым вариантам (сорт Гомер) варьировала в пределах 1,98–2,69, а по сорту Баграт – 1,91–2,64. В более поздние фазы вегетации количество побегов начинает уменьшаться, и к молочной спелости продуктивная кустистость колебалась по изучаемым вариантам от 1,13 до 1,24 (сорт Гомер). Аналогичные показатели сорта Баграт составили 1,06–1,21. Особо следует отметить положительное влияние на кустистость препарата «Эдагум СМ» в дозе 450 мл/га. Анализ данных по продуктивной кустистости показал преимущества препарата в указанной дозе по сравнению с другими дозами.

Решающая роль в формировании урожая полевых культур отводится фотосинтезу, так как 95 % массы сухого вещества растений образуется в ходе фотосинтетических процессов. Установлено, что высокая продуктивность фитоценозов обеспечивается при условии формирования оптимального по размерам и длительности работы фотосинтетического аппарата. Лист – это основной орган, который в процессе вегетации создает органические вещества, тем самым в значительной мере определяя продуктивность. На изменения состояния среды (например, влажности, условий питания) растения быстрее всего реагируют изменением площади ли-

стьев. В этой связи одной из важных физиологических характеристик посева является площадь листьев растений, приходящаяся на единицу площади почвы.

Показатели фотосинтетической деятельности озимой пшеницы в значительной степени зависят от генетических и физиологических особенностей самого растения, а также от условий внешней среды.

Наши исследования показали, что формирование площади листовой поверхности растений озимой пшеницы в зависимости от регулятора роста и нормы высева происходило следующим образом: динамика развития листовой поверхности озимой пшеницы в течение вегетационного периода подчиняется определенной закономерности, которая заключается в том, что средняя площадь возрастает от 10,4–17,2 (фаза весеннего кущения) до 19,8–27,0 тыс. м²/га (выход в трубку) (таблица 2).

В фазу колошения идет дальнейший ее рост, достигая максимума – 31,1–38,9 тыс. м²/га (сорт Гомер) и 30,1–38,0 тыс. м²/га (сорт Баграт). После этого рост листьев прекращается, часть их отмирает, и в фазу молочной спелости зерна их ассимиляционная поверхность уменьшается в 2,0–2,5 раза по сравнению с предыдущей. Следует отметить, что по площади ассимиляционной поверхности сорт Гомер незначительно превосходил сорт Баграт (таблица 4). Доказано, что преимущественным стал вариант «Эдагум СМ» (450 мл/га) как по сорту Гомер, так и по сорту Баграт, а по норме высева выделился вариант 5 млн семян на 1 га (таблица 2).

Формирование урожая зависит не только от величины площади листьев, но также от продолжительности ее жизнедеятельности. Это в итоге определяет фотосинтетический потенциал растений, который дает комплексную характеристику деятельности ассимиляционной поверхности. Он позволяет судить о мощности рабочей поверхности листьев озимой пшеницы в общем за период вегетации. Величина этого показателя зависит от условий произрастания культуры.

Установлено, что наибольшее формирование фотосинтетической деятельности наблюдалось в период выхода в трубку – колошения: на контроле (без обработки) фотосинтетический потенциал был равен 699,4 тыс. м²/га в сутки (3 млн/га), 722,8 тыс. м²/га в сутки (4 млн/га) и 732,7 тыс. м²/га в сутки (5 млн/га). На вариантах по сорту Гомер с обработкой регулятором роста показатели составили соответственно 718,4; 739,9; 751,1 тыс. м²/га в сутки («Эдагум СМ», 400 мл/га), 729,3; 751,3; 778,4 тыс. м²/га в сутки («Эдагум СМ», 450 мл/га), 721,5; 746,3; 760,4 тыс. м²/га в сутки («Эдагум СМ», 500 мл/га). В более поздние фазы вегетации фотосинтетический потенциал в период «колошение – молочная спелость» снижается, но закономерность его зависимости от изучаемых вариантов оста-

ся прежней. Среди изучаемых вариантов по этому показателю выделился вариант «Эдагум СМ» (450 мл/га) по обоим сортам, а по нормам высева – 5 млн/га.

Важным показателем, от которого зависит величина урожая, является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Она характеризует накопление сухой биомассы в сутки в расчете на единицу площади листьев.

Установлено, что чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы повышается от фазы кущения к фазе выхода в трубку и максимальных показателей достигает в период «колошение – молочная спелость». В период «весеннее кущение – выход в трубку» показатель ЧПФ в зависимости от изучаемых вариантов изменялся в пределах 2,87–4,01 г/м² в сутки, в период «выход в трубку – колошение» – 4,41–6,29 г/м² в сутки, в период «колоше-

Таблица 2

Влияние различных доз регулятора роста и норм высева на динамику площади листьев в условиях степной зоны РСО-Алания (2019–2021 гг., тыс. м²/га)

Сорта	Регулятор роста	Норма высева	Фаза вегетации			
			Весеннее кущение (конец фазы)	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость зерна
Гомер	1. Контроль	а) 3 млн	10,7	20,6	27,1	10,8
		б) 4 млн	11,4	21,2	28,1	11,8
		в) 5 млн	12,0	22,0	29,2	12,1
	2. «Эдагум СМ» (400 мл/га)	а) 3 млн	12,9	23,1	29,9	11,8
		б) 4 млн	14,2	25,6	32,7	14,3
		в) 5 млн	15,3	26,2	34,6	16,2
	3. «Эдагум СМ» (450 мл/га)	а) 3 млн	14,8	24,8	31,1	12,7
		б) 4 млн	16,8	27,1	34,7	15,9
		в) 5 млн	17,2	29,2	38,9	16,9
	4. «Эдагум СМ» (500 мл/га)	а) 3 млн	13,4	24,2	30,6	12,2
		б) 4 млн	13,8	25,9	33,6	14,9
		в) 5 млн	14,6	27,0	34,9	16,1
Баграт	1. Контроль	а) 3 млн	10,4	19,8	26,3	10,1
		б) 4 млн	11,1	20,5	27,5	11,5
		в) 5 млн	11,7	21,4	28,5	11,6
	2. «Эдагум СМ» (400 мл/га)	а) 3 млн	12,6	22,5	28,7	11,5
		б) 4 млн	13,8	24,8	31,4	13,6
		в) 5 млн	14,8	25,9	33,5	15,2
	3. «Эдагум СМ» (450 мл/га)	а) 3 млн	14,1	24,1	30,1	12,1
		б) 4 млн	16,1	27,0	32,9	15,0
		в) 5 млн	16,8	28,3	38,0	16,5
	4. «Эдагум СМ» (500 мл/га)	а) 3 млн	12,7	23,5	29,2	12,0
		б) 4 млн	13,2	24,6	31,9	13,2
		в) 5 млн	14,0	25,9	33,4	15,7

Table 2

Influence of different doses of growth regulator and seeding rates on the dynamics of leaf area in the conditions of the steppe zone of the Republic of North Ossetia – Alania (2019–2021, thousand m²/ha)

Varieties	Growth regulator	Seeding rate	Vegetation phase			
			Spring tillering (end of phase)	Exit into the tube	Earing	Milk ripeness of grain
Gomer	1. Control	a) 3 mln	10.7	20.6	27.1	10.8
		b) 4 mln	11.4	21.2	28.1	11.8
		c) 5 mln	12.0	22.0	29.2	12.1
	2. "Edagum SM" (400 ml/ha)	a) 3 mln	12.9	23.1	29.9	11.8
		b) 4 mln	14.2	25.6	32.7	14.3
		c) 5 mln	15.3	26.2	34.6	16.2
	3. "Edagum SM" (450 ml/ha)	a) 3 mln	14.8	24.8	31.1	12.7
		b) 4 mln	16.8	27.1	34.7	15.9
		c) 5 mln	17.2	29.2	38.9	16.9
	4. "Edagum SM" (500 ml/ha)	a) 3 mln	13.4	24.2	30.6	12.2
		b) 4 mln	13.8	25.9	33.6	14.9
		c) 5 mln	14.6	27.0	34.9	16.1
Bagrat	1. Control	a) 3 mln	10.4	19.8	26.3	10.1
		b) 4 mln	11.1	20.5	27.5	11.5
		c) 5 mln	11.7	21.4	28.5	11.6
	2. "Edagum SM" (400 ml/ha)	a) 3 mln	12.6	22.5	28.7	11.5
		b) 4 mln	13.8	24.8	31.4	13.6
		c) 5 mln	14.8	25.9	33.5	15.2
	3. "Edagum SM" (450 ml/ha)	a) 3 mln	14.1	24.1	30.1	12.1
		b) 4 mln	16.1	27.0	32.9	15.0
		c) 5 mln	16.8	28.3	38.0	16.5
	4. "Edagum SM" (500 ml/ha)	a) 3 mln	12.7	23.5	29.2	12.0
		b) 4 mln	13.2	24.6	31.9	13.2
		c) 5 mln	14.0	25.9	33.4	15.7

ние – молочная спелость» – 9,13–19,40 г/м² в сутки. Лучшими вариантами по этому показателю были «Эдагум СМ» (450 мл/га) и 5 млн/га.

У озимой пшеницы основными элементами структуры урожая являются густота продуктивного стеблестоя, продуктивность колоса и масса 1000 зерен. Эти элементы формируются в процессе развития растений и в значительной степени регулируются условиями их произрастания. Величина уро-

жайности в основном определяется количеством продуктивных стеблей на единице площади и продуктивностью колоса. Изменения элементов структуры урожая в зависимости от изучаемых факторов представлены в таблице 3.

Наши исследования показали, что по показателю «продуктивный стеблестой» выделился вариант «Эдагум СМ» (450 мл/га): у сорта Гомер – 355,1 шт/м² (3 млн/га), 372,6 шт/м² (4 млн/га), и

Таблица 3
Изменения структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от изучаемых факторов (дозы регулятора роста, норм высева) в условиях степной зоны РСО-Алания (2019–2021 гг.)

Сорта	Регулятор роста	Норма высева	Продуктивный стеблестой, шт/м ²	Количество зерен в колосе, шт.	Масса, г	
					Зерна с 1 колоса	1000 зерен
Гомер	1. Контроль	а) 3 млн	320,1	30,6	1,29	40,8
		б) 4 млн	341,2	32,1	1,30	41,4
		в) 5 млн	349,4	32,8	1,31	41,6
	2. «Эдагум СМ» (400 мл/га)	а) 3 млн	341,4	33,3	1,34	41,2
		б) 4 млн	356,3	33,9	1,36	42,4
		в) 5 млн	362,7	34,2	1,38	42,9
	3. «Эдагум СМ» (450 мл/га)	а) 3 млн	355,1	34,8	1,35	43,0
		б) 4 млн	372,6	36,2	1,40	44,9
		в) 5 млн	389,1	37,4	1,43	45,3
	4. «Эдагум СМ» (500 мл/га)	а) 3 млн	342,1	33,8	1,34	42,1
		б) 4 млн	350,6	35,1	1,38	42,4
		в) 5 млн	360,4	36,8	1,41	44,1
Баграт	1. Контроль	а) 3 млн	317,2	28,4	1,27	39,9
		б) 4 млн	336,1	29,7	1,29	40,6
		в) 5 млн	340,6	30,6	1,30	40,8
	2. «Эдагум СМ» (400 мл/га)	а) 3 млн	329,9	31,4	1,33	40,9
		б) 4 млн	350,3	30,9	1,33	41,0
		в) 5 млн	356,2	31,4	1,34	41,8
	3. «Эдагум СМ» (450 мл/га)	а) 3 млн	349,1	32,6	1,34	42,1
		б) 4 млн	364,2	33,7	1,36	43,5
		в) 5 млн	380,1	34,6	1,40	43,8
	4. «Эдагум СМ» (500 мл/га)	а) 3 млн	336,1	31,8	1,33	41,5
		б) 4 млн	341,2	32,3	1,34	41,2
		в) 5 млн	354,1	32,6	1,36	42,3

Table 3
Changes in the structure of the winter wheat crop depending on the studied factors (doses of the growth regulator, seeding rates) in the conditions of the steppe zone of the Republic of North Ossetia – Alania (2019–2021)

Varieties	Growth regulator	Seeding rate	Productive stem, pcs/m ²	Number of grains per ear, pcs	Weight, g	
					Grains from 1 ear	1000 grains
Gomer	1. Control	a) 3 mln	320.1	30.6	1.29	40.8
		b) 4 mln	341.2	32.1	1.30	41.4
		c) 5 mln	349.4	32.8	1.31	41.6
	2. "Edagum SM" (400 ml/ha)	a) 3 mln	341.4	33.3	1.34	41.2
		b) 4 mln	356.3	33.9	1.36	42.4
		c) 5 mln	362.7	34.2	1.38	42.9
	3. "Edagum SM" (450 ml/ha)	a) 3 mln	355.1	34.8	1.35	43.0
		b) 4 mln	372.6	36.2	1.40	44.9
		c) 5 mln	389.1	37.4	1.43	45.3
	4. "Edagum SM" (500 ml/ha)	a) 3 mln	342.1	33.8	1.34	42.1
		b) 4 mln	350.6	35.1	1.38	42.4
		c) 5 mln	360.4	36.8	1.41	44.1
Bagrat	1. Control	a) 3 mln	317.2	28.4	1.27	39.9
		b) 4 mln	336.1	29.7	1.29	40.6
		c) 5 mln	340.6	30.6	1.30	40.8
	2. "Edagum SM" (400 ml/ha)	a) 3 mln	329.9	31.4	1.33	40.9
		b) 4 mln	350.3	30.9	1.33	41.0
		c) 5 mln	356.2	31.4	1.34	41.8
	3. "Edagum SM" (450 ml/ha)	a) 3 mln	349.1	32.6	1.34	42.1
		b) 4 mln	364.2	33.7	1.36	43.5
		c) 5 mln	380.1	34.6	1.40	43.8
	4. "Edagum SM" (500 ml/ha)	a) 3 mln	336.1	31.8	1.33	41.5
		b) 4 mln	341.2	32.3	1.34	41.2
		c) 5 mln	354.1	32.6	1.36	42.3

389,1 шт/м² (5 млн/га), у сорта Баграт – 349,1 шт/м²; 364,2 шт/м² и 380,1 шт/м² (таблица 3). Лучшим вариантом по нормам высева был вариант 5 млн/га по обоим сортам озимой пшеницы.

Продуктивность растений озимой пшеницы в большей степени зависит от продуктивности колоса – количества зерен в колосе, их массы и массы

1000 зерен: с увеличением этих показателей растет урожайность. А они зависят от погодных условий в период закладки, дифференциации колоса, условий питания. Большую роль играют также особенности роста. На эти показатели положительное влияние оказали как нормы высева, так и регулятор роста. Так, количество зерен в колосе в зависимости от

Таблица 4
Урожайность озимой пшеницы в зависимости от изучаемых факторов в условиях степной зоны РСО-Алания (2019–2021 гг., т/га)

Сорт (Фактор А)	Норма высева (Фактор В)	Норма высева (Фактор С)	Средняя урожайность по вариантам
Гомер (1)	1. Контроль	а) 3 млн	4,27
		б) 4 млн	4,39
		в) 5 млн	4,46
	2. «Эдагум СМ» (400 мл/га)	а) 3 млн	4,40
		б) 4 млн	4,56
		в) 5 млн	4,63
	3. «Эдагум СМ» (450 мл/га)	а) 3 млн	4,49
		б) 4 млн	4,63
		в) 5 млн	4,75
	4. «Эдагум СМ» (500 мл/га)	а) 3 млн	4,42
		б) 4 млн	4,53
		в) 5 млн	4,60
HCP _{0,5} 0,03	HCP _{0,5} 0,06	HCP _{0,5} 0,07	HCP _{0,5} 0,05
Баграт (2)	1. Контроль	а) 3 млн	4,17
		б) 4 млн	4,30
		в) 5 млн	4,37
	2. «Эдагум СМ» (400 мл/га)	а) 3 млн	4,29
		б) 4 млн	4,45
		в) 5 млн	4,53
	3. «Эдагум СМ» (450 мл/га)	а) 3 млн	4,41
		б) 4 млн	4,52
		в) 5 млн	4,66
	4. «Эдагум СМ» (500 мл/га)	а) 3 млн	4,32
		б) 4 млн	4,44
		в) 5 млн	4,50
HCP _{0,5} 0,03	HCP _{0,5} 0,07	HCP _{0,5} 0,08	HCP _{0,5} 0,06

Table 4
The yield of winter wheat depending on the studied factors in the conditions of the steppe zone of the Republic of North Ossetia – Alania (2019–2021, t/ha)

Grade (Factor A)	Seeding rate (Factor B)	Seeding rate (Factor C)	Average yield by variants
Gomer (1)	1. Control	а) 3 mln	4.27
		б) 4 mln	4.39
		в) 5 mln	4.46
	2. “Edagum SM” (400 ml/ha)	а) 3 mln	4.40
		б) 4 mln	4.56
		в) 5 mln	4.63
	3. “Edagum SM” (450 ml/ha)	а) 3 mln	4.49
		б) 4 mln	4.63
		в) 5 mln	4.75
	4. “Edagum SM” (500 ml/ha)	а) 3 mln	4.42
		б) 4 mln	4.53
		в) 5 mln	4.60
LSD _{0,5} 0.03	LSD _{0,5} 0.06	LSD _{0,5} 0.07	LSD _{0,5} 0.05
Bagrat (2)	1. Control	а) 3 mln	4.17
		б) 4 mln	4.30
		в) 5 mln	4.37
	2. “Edagum SM” (400 ml/ha)	а) 3 mln	4.29
		б) 4 mln	4.45
		в) 5 mln	4.53
	3. “Edagum SM” (450 ml/ha)	а) 3 mln	4.41
		б) 4 mln	4.52
		в) 5 mln	4.66
	4. “Edagum SM” (500 ml/ha)	а) 3 mln	4.32
		б) 4 mln	4.44
		в) 5 mln	4.50
LSD _{0,5} 0.03	LSD _{0,5} 0.07	LSD _{0,5} 0.08	LSD _{0,5} 0.06

изучаемых вариантов варьировало в пределах 30,6–37,4 шт., масса зерна с 1 колоса – 1,29–1,43 г, масса 1000 зерен – 40,8–45,3 г (таблица 3).

Урожайность – это та продуктивность, к которой стремятся все природные фитоценозы, чтобы победить в конкурентной борьбе другие виды, находящиеся в одной и той же экологической нише. В этой связи исходным принципом науки и производства является создание оптимальных условий функционирования посевов.

Практическая реализация этого принципа связана с рассмотрением множества различных факторов, каждому сочетанию которых соответствует определенное численное значение урожая. В связи с этим в настоящее время в агрономической науке все большее значение приобретают многофакторные полевые опыты, когда учитывается не только влияние одного фактора, но и воздействие различных факторов и сами типы взаимодействий.

Установлено, что урожайность озимой пшеницы в зависимости от дозы регулятора роста возрастала на 0,13–0,22 т/га (сорт Гомер, норма высева 3 млн/га). Аналогичные показатели по нормам высева 4 и 5 млн/га составили 0,14–0,24 т/га и 0,14–0,29 т/га. Примерно такая же закономерность получена и по сорту Баграт (таблица 4).

Урожайность в зависимости от нормы возрастала на 0,19 т/га (сорт Гомер, контроль). Показатели по вариантам «Эдагум СМ» (400 мл/га), «Эдагум СМ» (450 мл/га), «Эдагум СМ» (500 мл/га) составили соответственно: 0,13; 0,26; 0,18 т/га. Значения по сорту Баграт были равны 0,20; 0,24; 0,25; 0,18 т/га (таблица 4).

В нынешних условиях все больше сельхозпроизводителей стремится увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе и озимой пшеницы, за счет различных агроприемов. Высокое качество зерна озимой пшеницы – это и повышение хлебопекарных качеств, и увеличение доходов за счет реализации такого зерна.

Согласно нашим исследованиям, показатель натурности зерна в зависимости от изучаемых вариантов изменялся в пределах 691–722 г/л (сорт Гомер) и 689–720 г/л (сорт Баграт). Содержание белка варьировало в диапазоне 10,1–13,2 %, а клейковины – 24–26 %.

Одним из основных показателей эффективного возделывания сельскохозяйственных культур выступает расчет экономической эффективности путем учета полученного урожая соответствующего качества и понесенных затрат на его производство. Включение новых элементов в технологию возделывания должно быть оправдано как с агрономической, так и с экономической точки зрения, что позволит получить высокие урожаи зерна соответствующего качества при оптимально малых затратах на производство.

Установлено, что рентабельность по изучаемым вариантам колебалась в пределах 22–47%.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. По сортам Гомер и Баграт оптимальным вариантом является «Эдагум СМ» (450 мл/га), а оптимальной нормой высева – 5 млн/га (сорт Гомер) и 4 млн/га (сорт Баграт). Наибольшая разница между изучаемыми вариантами была отмечена в фазы выхода в трубку, колошения, молочной спелости.

2. В конце фазы весеннего кущения высота растений в зависимости от дозы регулятора роста и нормы высева (сорт Гомер) колебалась в пределах 23,1–29,1 см; в фазу выхода в трубку – 40,6–54,3 см, колошения – 64,8–76,2 см, молочной спелости зерна – 68,3–77,1. Преимуществом характеризовался вариант «Эдагум СМ» (450 мл/га) с нормой высева 5 млн/га по обоим сортам.

3. В фазу весеннего кущения общая кустистость варьировала в пределах 1,98–2,69 у сорта Гомер, и 1,91–2,64 у сорта Баграт. В более поздние фазы вегетации количество побегов начинает уменьшаться, и к молочной спелости продуктивная кустистость колебалась по изучаемым вариантам от 1,13 до 1,24 (сорт Гомер) и 1,06–1,21 (сорт Баграт). Отмечено положительное влияние на кустистость препарата «Эдагум СМ» в дозе 450 мл/га.

4. Наибольшее формирование фотосинтетической деятельности наблюдалось в период выхода в трубку – колошения. Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы повышалась от фазы кущения к фазе выхода в трубку и максимальных показателей достигал в период колошения – молочной спелости. Во время весеннего кущения – выхода в трубку показатель ЧПФ в зависимости от изучаемых вариантов изменялся в пределах 2,87–4,01 г/м² в сутки, в период выхода в трубку – колошения – от 4,41 до 6,29 г/м² в сутки. По показателю «продуктивный стеблестой» выделился вариант «Эдагум СМ» (450 мл/га) – 355,1 шт/м² (3 млн/га), 372,6 шт/м² (4 млн/га) и 389,1 шт/м² (5 млн/га).

5. Количество зерен в колосе в зависимости от изучаемых вариантов варьировало в пределах 30,6–37,4 шт., масса зерна с 1 колоса – 1,29–1,43 г, масса 1000 зерен – 40,8–45,3 г.

6. Благодаря применению изучаемого регулятора роста удалось повысить урожайность культуры. В зависимости от дозы регулятора роста она возрастала на 0,13–0,22 т/га (сорт Гомер, норма высева 3 млн/га). Аналогичные показатели по нормам высева 4 и 5 млн/га составили 0,14–0,24 т/га и 0,14–0,29 т/га. Показатель натурности зерна в зависимости от изучаемых вариантов изменялся в пределах 691–722 г/л (сорт Гомер) и 689–720 г/л (сорт Баграт). Содержание белка варьировало в диапазоне 10,1–13,2 %, а клейковины – 24–26 %. Рентабельность колебалась в пределах 22–47 %.

Считаем целесообразным применение регулятора роста «Эдагум СМ» на посевах озимой пшеницы.

Библиографический список

1. Адиньяев Э. Д., Абаев А. А., Адаев Н. Л. Учебно-методическое руководство по проведению исследований в агрономии. Грозный: Издательство ЧГУ, 2012. 345 с.
2. Шалыгина А. А., Тедеева А. А. Влияние регуляторов роста на структуру урожая озимой пшеницы // Аграрная наука. 2021. № 4. С. 64–67.
3. Мамсиров Н. И., Макаров А. А. Влияние способов основной обработки почвы и предшественников на продуктивность озимой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 2 (94). С. 72–79.
4. Тедеева А. А., Абаев А. А., Мамиев Д. М., Тедеева В. В., Хохоева Н. Т. Эффективность гербицидов на посевах озимой пшеницы в условиях степной зоны республики Северная Осетия-Алания // Аграрный вестник Урала. 2020. № 02 (193). С. 20–26.
5. Мамсиров Н. И. О роли регуляторов роста растений в повышении продуктивности зерна новых сортов озимой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019. № 4 (90). С. 89–95.
6. Тедеева А. А., Тедеева В. В. Агротехнические приемы повышения продуктивности перспективных сортов озимой пшеницы // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 6 (106). С. 777–784.
7. Манукян И. Р., Басиева М. А., Мирошникова Е. С., Абиева Т. С. Направление селекции озимой пшеницы на зерно в предгорной зоне РСО-Алания // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 74-1. С. 156–159.
8. Адиньяев Э. Д., Халилов М. Б. Влияние различных приемов обработки почвы на динамику питательных веществ в почве и продуктивность озимой пшеницы в различных природных условиях // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. С. 6.
9. Макаров А. А., Мамсиров Н. И. Значение регуляторов роста в формировании высоких показателей продуктивности и качества зерна озимой пшеницы // Новые технологии. 2019. № 3. С. 173–180.
10. Нитченко Л. Б., Лукьянов В. А. Эффективность основной обработки почвы и доз удобрений при возделывании озимой пшеницы на черноземе типичном // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4 (56). С. 40–45.
11. Хатков К. Х., Дагужиева З. Ш. Влияние новых гуминовых препаратов на продуктивность озимой пшеницы в предгорной зоне Республики Адыгея // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2016. № 4 (191). С. 122–126.
12. Иванченко Т. В., Игольникова И. С. Влияние регуляторов роста на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 101–108.
13. Pushkareva V. I., Goleva G. G., Vashchenko T. G., Fedulova T. P., Golev A. D., Ivannikov V. A. Assessment of ecological properties of winter wheat seeds // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. Article number 012031.
14. Ivanchenko T. V., Belikina A. V., Igolnikova I. S. Technological aspects of growing winter wheat in arid conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk, 2020. Article number 82086.
15. Voronov S. I., Vlasova O. I., Shtyrkhunov V. D., Govorkova S. B., Savinov E. V. The effect of growth regulators with retardant properties on the growth and development of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. ASAGRIC 2020. 2021. Article number 012022.
16. Melnikova O. V., Torikov V. E., Kononov A. S., Kosyanchuk V. P., Prosyannikov E. V., Osipov A. A. Efficiency of the solar energy usage by winter wheat plantings made with different crop cultivation technologies // Journal of Environmental Treatment Techniques. 2020. Т. 8. No. 2. Pp. 657–663.
17. Zhichkina L. N., Zhichkin K. A., Vlasov A. V., Belyaev A. M., Borobov V. N., Lyubimova N. G. The effectiveness of nitrogen fertilizing in the cultivation of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference “Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture” (EESTE 2021). Series “IOP Conference Series: Earth and Environmental Science”. 2022. Article number 012015.

Об авторах:

Альбина Ахурбековна Тедеева¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории земледелия, ORCID 0000-0002-0638-5269, AuthorID 611912; +7 918 820-33-74

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

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

Application of the growth regulator “Edagum SM” on winter wheat crops in the Republic of North Ossetia – Alania

A. A. Tedeeva¹, V. V. Tedeeva¹✉

¹North Caucasian Research Institute of Mining and Foothill Economy – branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Mikhaylovskoe, Russia

✉E-mail: vikkimarik@bk.ru

Abstract. The authors present the results of the use of a growth regulator on winter wheat crops in the conditions of the steppe zone of the Republic of North Ossetia – Alania. **The purpose** of the work is to study the influence of the growth regulator “Edagum SM” on the growth, development, productivity and quality of grain of promising winter wheat varieties, taking into account ecological and economic efficiency and improving on this basis the resource-saving technology of culture cultivation in the conditions of the steppe zone of the Russian Federation. **The scientific novelty** lies in the fact that the features of the growth and development of promising winter wheat varieties have been studied depending on the doses of the growth regulator “Edagum SM” and their effect on the photosynthetic activity of plants has been shown. Optimal seeding rates of promising varieties have been established, ensuring high crop productivity and improving the quality indicators of the products obtained. The object of research were high-yielding varieties of winter wheat – Gomer and Bagrat, selected by the P. P. Lukyanenko National Research Center. **Methods.** Records and observations were carried out according to generally accepted methods described in the educational and methodological manual for conducting research in agronomy. **Results.** As a result of the use of a growth regulator, for Gomer and Bagrat varieties, the best option is “Edagum SM” (450 ml/ha), and the optimal seeding rate is 5 mln/ha (Gomer variety) and 4 mln/ha (Bagrat variety). The greatest increase in photosynthetic power was observed during the period of exit into the tube-earing. The net photosynthesis productivity of winter wheat increased from the tillering phase to the exit phase into the tube and the maximum indicators reached during earing-milk ripeness. The crop yield, depending on the dose of the growth regulator, increased by 0.13–0.22 t/ha (Gomer variety, seeding rate 3 mln/ha). The grain nature index, depending on the studied variants, varied between 691–722 g/l (Gomer variety) and 689–720 g/l (Bagrat variety). The protein content varied in the range of 10.1–13.2 % a. s. v., and gluten – 24–26 %. Profitability ranged from 22–47 %.

Keywords: winter wheat, variety, seeding rates, growth regulator, photosynthetic activity, grain quality, technology element, economic efficiency, productivity.

For citation: Tedeeva A. A., Tedeeva V. V. Primenenie regulatora rosta “Edagum SM” na posevakh ozimoy pshenitsy v RSO-Alaniya [Application of the growth regulator “Edagum SM” on winter wheat crops in the Republic of North Ossetia – Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (219). Pp. 26–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-26-36. (In Russian.)

Date of paper submission: 25.02.2022, **date of review:** 11.03.2022, **date of acceptance:** 21.03.2022.

References

1. Adin'yaev E. D., Abaev A. A., Adaev N. L. Uchebno-metodicheskoe rukovodstvo po provedeniyu issledovaniy v agronomii [Educational and methodological guide for conducting research in agronomy]. Groznyy: Izdatel'stvo ChGU, 2012. 345 p. (In Russian.)
2. Shalygina A. A., Tedeeva A. A. Vliyanie regulyatorov rosta na strukturu urozhaya ozimoy pshenitsy [Influence of growth regulators on the structure of winter wheat crop] // Agrarian science. 2021. No. 4. Pp. 64–67. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-348-4-64-67. (In Russian.)
3. Mamsirov N. I., Makarov A. A. Vliyanie sposobov osnovnoy obrabotki pochvy i predshestvennikov na produktivnost' ozimoy pshenitsy [The influence of the methods of basic tillage and precursors on the productivity of winter wheat] // News of the Kabardin-Balkar scientific center of RAS. 2020. No. 2 (94) Pp. 72–79. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-2-94-72-79. (In Russian.)
4. Tedeeva A. A., Abaev A. A., Mamiev D. M., Tedeeva V. V., Khokhoeva N. T. Effektivnost' gerbitsidov na posevakh ozimoy pshenitsy v usloviyakh stepnoy zony Respubliki Severnaya Osetiya – Alaniya [The effectiveness of herbicides on winter wheat crops in the conditions of the steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 2 (193). Pp. 20–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-20-26. (In Russian.)
5. Mamsirov N. I. O roli regulyatorov rosta rasteniy v povyshenii produktivnosti zerna novykh sortov ozimoy pshenitsy [On the role of plant growth regulators in increasing grain productivity of new varieties of winter wheat] // News of the Kabardin-Balkar scientific center of RAS. 2019. No. 4 (90). Pp. 89–95. DOI: 10.35330/1991-6639-2019-4-90-89-95. (In Russian.)

6. Tedeeva A. A., Tedeeva V. V. Agrotekhnicheskie priemy povysheniya produktivnosti perspektivnykh sortov ozimoy pshenitsy [Agrotechnical techniques for increasing the productivity of promising winter wheat varieties] // Nauchnaya zhizn'. 2020. Vol. 15. No. 6 (106). Pp. 777–784. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-6-777-784. (In Russian.)
7. Manukyan I. R., Basieva M. A., Miroshnikova E. S., Abieva T. S. Napravlenie selektsii ozimoy pshenitsy na zerno v predgornoy zone RSO-Alaniya [The direction of selection of winter wheat for grain in the foothill zone of the RNO-Alania] // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2021. No. 74-1. Pp. 156–159. DOI: 10.18411/lj-06-2021-35. (In Russian.)
8. Adin'yaev E. D., Khalilov M. B. Vliyanie razlichnykh priemov obrabotki pochvy na dinamiku pitatel'nykh veshchestv v pochve i produktivnost' ozimoy pshenitsy v razlichnykh prirodnykh usloviyakh [The influence of various tillage techniques on the dynamics of nutrients in the soil and the productivity of winter wheat in various natural conditions] // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2018. Vol. 55. P. 6. (In Russian.)
9. Makarov A. A., Mamsirov N. I. Znachenie regulyatorov rosta v formirovanii vysokikh pokazateley produktivnosti i kachestva zerna ozimoy pshenitsy [The importance of growth regulators in the formation of high productivity and quality indicators of winter wheat grain] // Novye tehnologii. 2019. No. 3. Pp. 173–180. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10316. (In Russian.)
10. Nitchenko L. B., Luk'yanov V. A. Effektivnost' osnovnoy obrabotki pochvy i doz udobreniy pri vozdeleyvanii ozimoy pshenitsy na chernozeme tipichnom [The effectiveness of basic tillage and fertilizer doses in the cultivation of winter wheat on typical chernozem] // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2021. No. 4 (56). Pp. 40–45. (In Russian.)
11. Khatkov K. Kh., Daguzhieva Z. Sh. Vliyanie novykh guminovykh preparatov na produktivnost' ozimoy pshenitsy v predgornoy zone Respubliki Adygeya [The effect of new humic preparations on the productivity of winter wheat in the foothill zone of the Republic of Adygea] // The Bulletin of the Adyghe State University, the series "Natural-Mathematical and Technical Sciences". 2016. No. 4 (191). Pp. 122–126. (In Russian.)
12. Ivanchenko T. V., Igol'nikova I. S. Vliyanie regulyatorov rosta na produktivnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenitsy v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [The influence of growth regulators on the productivity and quality of winter wheat grain in the conditions of the Lower Volga region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. No. 1 (49). Pp. 101–108. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108. (In Russian.)
13. Pushkareva V. I., Goleva G. G., Vashchenko T. G., Fedulova T. P., Golev A. D., Ivannikov V. A. Assessment of ecological properties of winter wheat seeds // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. Article number 012031.
14. Ivanchenko T. V., Belikina A. V., Igolnikova I. S. Technological aspects of growing winter wheat in arid conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk, 2020. Article number 82086.
15. Voronov S. I., Vlasova O. I., Shtyrkhunov V. D., Govorkova S. B., Savinov E. V. The effect of growth regulators with retardant properties on the growth and development of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. ASAGRIC 2020. 2021. Article number 012022.
16. Melnikova O. V., Torikov V. E., Kononov A. S., Kosyanchuk V. P., Prosyannikov E. V., Osipov A. A. Efficiency of the solar energy usage by winter wheat plantings made with different crop cultivation technologies // Journal of Environmental Treatment Techniques. 2020. T. 8. No. 2. Pp. 657–663.
17. Zhichkina L. N., Zhichkin K. A., Vlasov A. V., Belyaev A. M., Borobov V. N., Lyubimova N. G. The effectiveness of nitrogen fertilizing in the cultivation of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference "Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture" (EESTE 2021). Series "IOP Conference Series: Earth and Environmental Science". 2022. Article number 012015.

Authors' information:

Albina A. Tedeeva¹, candidate of biological sciences, leading researcher of the laboratory of agriculture, ORCID 0000-0002-0638-5269, AuthorID 611912; +7 918 820-33-74

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

¹North Caucasian Research Institute of Mining and Foothill Economy – branch of the Federal Center "Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Mikhaylovskoe, Russia

Использование цифровой фенотеки травянистых растений в декоративном растениеводстве

О. Ю. Васильева¹✉, С. Х. Вышегуров²

¹Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

✉E-mail: vasil.flowers@rambler.ru

Аннотация. В настоящем исследовании показано совершенствование классических методик изучения роста и развития декоративных растений путем применения современных цифровых технологий. **Цель работы** – знакомство обучающихся по направлению 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» (профиль «Декоративное растениеводство») с биологическими особенностями и декоративными качествами растений-интродуцентов в условиях континентального климата лесостепи Западной Сибири и составление цифровой фенотеки (фенологической библиотеки). **Методы.** Построение феноспектров базировалось на работах Т. И. Фоминой и И. Н. Бейдеман. Для оформления полных феноспектров красивоцветущих растений отмечались отрастание, вегетация, бутонизация, цветение, завязывание плодов, созревание плодов, окончание вегетации. В сокращенных вариантах для цифровой фенотеки отмечались только периоды вегетации и декоративности, фаза «цветение» заполнялась цветом, соответствующим окраске сорта или вида. Расчеты для построения графиков гидротермических условий проводились стандартными методами с использованием статистических пакетов программы Microsoft Excel 2003. **Результаты.** Приведены примеры однополосных феноспектров, характеризующих различные феноритмотипы. Показано преимущество двухполосных феноспектров, составленных по Методике фенологических наблюдений для ботанических садов, при характеристике растений, создающих декоративно-лиственный эффект. Согласно данной методике, фенология вегетативных надземных побегов включает следующие фазы: В¹ – начало весеннего отрастания, В² – разворачивание листьев, В³ – окончание роста побегов, Л¹ – начало отмирания листьев, Л² – полное отмирание листьев. Предложены дополнительные фенофазы для более полного описания весеннего и летнего декоративно-лиственного эффекта. Например, В_{ант} и В_{лим} – период, когда молодые листья имеют яркую антоциановую или лимонную окраску. Дополнительно показан период отрастания летней генерации листьев. В процессе обучения на основании составленных шаблонов также осваивается методика совмещения феноспектров с диаграммами гидротермических условий вегетационных периодов, в том числе аномально засушливых и аномально увлажненных. **Научная новизна.** Показаны возможности цифровой фенотеки, позволяющие быстро и достоверно моделировать цветущий и декоративно-лиственный аспекты цветочных экспозиций и пейзажных групп на основе полных и сокращенных феноспектров. Материалы цифровой фенотеки служат дополнением визуализации проектов озеленения.

Ключевые слова: цифровая фенотека, феноритмотип, лесостепь Западной Сибири, декоративное растениеводство, ландшафтная архитектура, гидротермические условия, астильба, флокс метельчатый, крокус, сцилла сибирская, пион, золотарник гибридный, дендрантема.

Для цитирования: Васильева О. Ю., Вышегуров С. Х. Использование цифровой фенотеки травянистых растений в декоративном растениеводстве // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 37–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-37-47.

Дата поступления статьи: 25.02.2022, **дата рецензирования:** 07.03.2022, **дата принятия:** 11.03.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Значительная часть районов Западной и Восточной Сибири, а также территории Уральского региона характеризуются суровыми условиями континентального и резко континентального климата. Здесь основной проблемой многих ландшафтных архитекторов при создании новых объектов озе-

ления (парков, скверов, территорий индивидуальной застройки и др.) является недостаточное знание перспективного ассортимента древесных и травянистых декоративных растений, а также их устойчивости и сезонных аспектов декоративности. Градостроительные и инженерные вопросы формирования зеленых зон в необходимом объеме

представлены в программах подготовки бакалавров и магистров архитектурно-строительных вузов. Изучение биологии, экологии, агротехники и ассортимента декоративных видов, форм и сортов только на основании рекомендаций, представленных в учебных пособиях, написанных для условий умеренно континентального климата [1–3], оказывается недостаточным.

Агрономический факультет Новосибирского государственного аграрного университета при обучении студентов по направлению 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» (профиль «Декоративное растениеводство») активно использует материалы исследований Центрального сибирского ботанического сада Сибирского отделения РАН. Наиболее тесное сотрудничество осуществляется между кафедрой ботаники и ландшафтной архитектуры НГАУ и лабораторией интродукции декоративных растений ЦСБС [4–7]. В образовательном процессе активно используется цифровизация учебного материала [8; 9]. Так, создание сотрудниками ЦСБС цифровой семенотеки однолетних декоративных растений позволило значительно увеличить объем материала, осваиваемого студентами на лабораторно-практических занятиях. В настоящее время начато формирование цифровой семенотеки многолетних травянистых декоративных растений. В первую очередь в нее включаются образцы тех видов, для которых семенное, а не вегетативное размножение (включая возобновление материала для экспозиций и коллекций) является основным. Многие из этих растений относятся к стержнекорневой (каудексовой) жизненной форме, что делает невозможным или чрезвычайно затруднительным вегетативное размножение делением куста.

Основной целью настоящей работы является знакомство студентов с биологическими особенностями и декоративными качествами растений-интродуцентов в условиях континентального климата лесостепи Западной Сибири и составление цифровой фенотеки (фенологической библиотеки).

Методология и методы исследования (Methods)

Методология проводимых исследований обусловлена современной трактовкой понятия фенологии как науки о сезонных изменениях в развитии растений, выражающихся в сроках их наступления и продолжительности фаз развития, а также в установлении зависимости от метеорологических условий и места наблюдения. Фенологические наблюдения традиционно проводятся визуально, не требуя специального лабораторного оборудования.

Для изучения сезонной динамики красивоцветущих растений в работе используется методика фенонаблюдений И. Н. Бейдеман [10]. В полных феноспектрах, выполненных по данной методике, представлены следующие фенофазы: отрастание, вегетация, бутонизация, цветение, завязывание плодов, созревание плодов, окончание вегетации. Фазы плодоношения особенно важны для харак-

теристики декоративных однолетников. Для более детального изучения фаз развития растений, создающих в течение вегетационного периода не только декоративный эффект цветения, но и декоративно-лиственный аспект, применяется Методика фенонаблюдений в ботанических садах [11]. Многолетние наблюдения за сезонным развитием растений позволяют сделать заключение об их принадлежности к одному из пяти феноритмотипов [12]:

А. Виды, вегетирующие неполный вегетационный период:

1 – весеннезеленые (эфмероиды): зеленые листья имеются с начала весны до начала лета;

2 – весенне-раннелетнезеленые (гемизфмероиды): вегетируют с начала весны до середины лета.

Б. Виды, вегетирующие полный вегетационный период:

3 – весенне-летнезеленые: вегетируют с весны до начала осени (до первых заморозков);

4 – весенне-летне-осеннезеленые: вегетируют с весны до установления снежного покрова.

В. Виды, сохраняющие способность к вегетации в течение всего года:

5 – летне-зимнезеленые: несут зеленые листья в течение всего года.

При описании феноритмотипов приводится характеристика жизненных форм по классическим и современным методикам [13–15].

Многолетние фенологические наблюдения, данные которых используются в учебном процессе для построения феноспектров, проводились на экспериментальных участках Центрального сибирского ботанического сада, который расположен в окрестностях г. Новосибирска в условиях континентального климата лесостепи Западной Сибири. Средне многолетние гидротермические показатели вегетационных периодов приводятся в таблице 1.

Расчеты для построения графиков гидротермических условий конкретных вегетационных периодов проводились стандартными методами с использованием статистических пакетов программы Microsoft Excel 2003.

Результаты (Results)

В регулярном стиле создания ландшафтных композиций, который превалировал в парадном городском озеленении прошлого века, используются известные декоративные культуры, представленные большим набором сортов. Большинство из них относится к короткокорневищной, кистекокорневой и стержнекорневой, или каудексовой, биоморфе, таким растениям не свойственны интенсивное разрастание и выход за границы экспозиций, имеющих строгие геометрические формы.

В настоящее время в оформлении парков, участков, прилегающих к различным офисам, а также для территорий индивидуальной застройки (ТИЗ) широко используется пейзажный стиль создания ландшафтных композиций. В ассортимент активно привлекаются виды природной флоры, малораспро-

Следует отметить, что заказчиками проектов озеленения «под ключ» нередко выдвигаются требования обеспечить максимальный декоративный эффект в определенный период, например, связанный с корпоративными праздниками.

Для того чтобы оперативно и качественно подбирать растения различной колористики под требуемые параметры продолжительности декоративного эффекта, студенты НГАУ в процессе обучения создают цифровую фенотеку, в которую входят преимущественно сокращенные однополосные феноспектры [8], составленные на основе методики И. Н. Бейдеман [10]. В них отражены только периоды вегетации и декоративности, причем фаза «цветение» заполняется цветом, соответствующим окраске сорта или вида (таблица 2). Отдельно отмечается период полной потери декоративности при отмирании надземной части.

Таблица 1

Novosibirsk. Climate type: Continental							
Indicator	April	May	June	July	August	September	October
Average maximum, °C	7.8	18.4	22.9	25.0	22.4	15.6	7.2
Average temperature, °C	2.3	11.7	16.8	19.2	16.5	10.1	2.9
Average minimum, °C	-2.0	6.0	11.4	14.1	11.5	5.9	-0.3
Precipitation rate, mm	28	34	50	72	49	42	46

Table 1

Таблица 2

[illegible]

Table 2

Преимущество такой цифровой фенотеки состоит в том, что для ее построения не требуется закупать дополнительные дорогостоящие лицензионные программные продукты (а в современных условиях использование лицензионного софта является обязательным требованием к организации учебного процесса). Достаточно использовать стандартные возможности текстового процессора Word, уже имеющегося в вузе. Данные для построения феноспектров видов и сортов декоративных растений студенты берут из журналов фенонаблюдений как учебных, так и составленных ими самостоятельно в процессе производственной практики в ботаническом саду или декоративных питомниках.

Шаблоном данного феноспектра является таблица, состоящая из одной строки, разделенной на столбцы-декады. В фенотеке такая таблица-феноспектр обязательно отделяется от феноспектра другого растения строкой-пробелом. На основа-

нии данных фенонаблюдений определяется период декоративности (преимущественно – цветения, реже – декоративно-лиственный), мышкой смещаются до необходимой даты границы столбцов-декад. Потом последовательно выбираются команды «Объединить ячейки» и далее – «Границы и заливка», где предпочтительно выбрать «Другие цвета» и в большом спектре найти колер, наиболее подходящий выбранной декоративной культуре.

Иногда такие однолетние цветочные растения, как портулак крупноцветковый или георгина однолетняя, используют на экспозициях в так называемой «смеси колеров». При составлении таких феноспектров можно сначала объединить ячейки, а потом выбрать команду «Разделить ячейки» и в качестве количества столбцов выбрать число колеров (например, если желтый, красный, розовый, то 3). Затем отдельные столбцы заливает разными колерами.

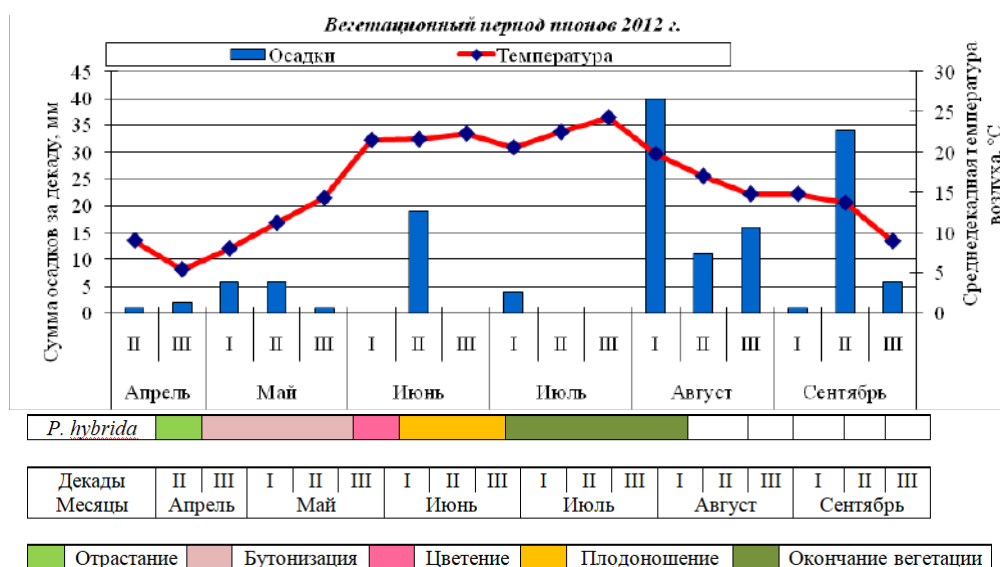


Рис. 1. Сезонное развитие *Paeonia hybrida* (пиона гибридного) в аномально засушливый вегетационный период 2012 г.

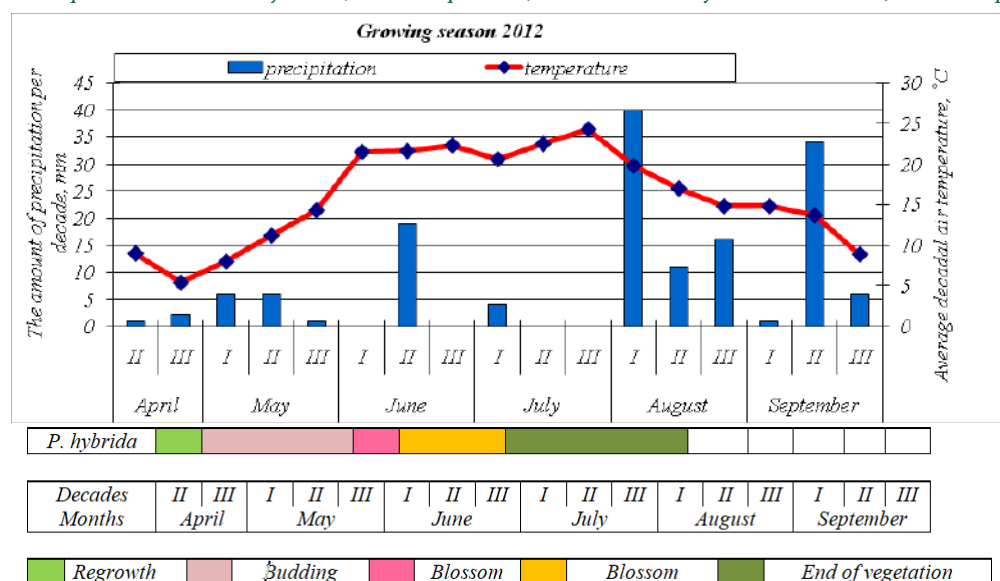


Fig. 1. Seasonal development of *Paeonia hybrida* Pall. during the abnormally dry growing season of 2012

При проведении исследовательских работ полные феноспектры совмещают с диаграммами гидротермических условий вегетационных периодов и выясняют реакцию растений на аномально засушливые и аномально увлажненные условия (рис. 1).

На рис. 1 показано, что весной 2012 г. массовое отрастание пиона гибридного произошло в относительно ранние сроки (II декада апреля) [3], недостаточное количество осадков привело к непродолжительному цветению. Период плодоношения также сократился. Потеря декоративности за счет увядания надземной части произошла в I декаде августа. На основании ранее проведенных многолетних исследований [3] данный вид относится к весенне-летнезеленому феноритмотипу. Размещение его на переднем плане цветочных экспозиций и создание крупных куртин в условиях континентального климата лесостепи Западной Сибири нецелесообразно.

Таким образом, при построении диаграмм исходят из того, что *продолжительность вегетационного периода* в конкретных эколого-географических условиях, географическом пункте, а также годе наблюдений и *период вегетации* конкретного вида или сорта могут не совпадать. Существует принятое в сельском хозяйстве общее понятие «вегетационный период», наступление которого отмечается по устойчивому переходу среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения, а окончание – по устойчивому переходу среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения. Однако у растений, характеризующихся феноритмотипами «эфмероиды» и «гемизэфмероиды», период вегетации начинается и заканчивается раньше, а растения зимнезеленого феноритмотипа уходят в зиму с ассимилирующими листьями, сохраняющимися на следующий год на момент схода снежного покрова. Одним из наглядных учебных примеров в разработанном нами курсе «Цветоводство открытого грунта» [3] является представленная на рис. 2 динамика смены цветковых аспектов.

Рис. 2а – это упрощенный вариант оформления клумбы сортавыми и видовыми многолетниками с указанием окрасок. Аналогичные, более сложные, выполненные в профессиональных программах ArchiCAD и др. примеры [19–24] можно встретить в работах ландшафтных архитекторов. На рис. 2а представлены размещение и цветовая палитра экспозиции с фрагментами многолетних травянистых декоративных растений на фоне газона. На рис. 2б–2з показана реальная динамика смены декоративных аспектов, включая период полной потери декоративности эфмероидов в результате отмирания надземной части.

Вместо рисунков 2а–2з достаточно было выбрать из фенотеки четыре таблицы, соответствующие декоративным культурам, и представить динамику цветения экспозиции (таблица 3).

Даже на основании таких сокращенных феноспектров видно, что из четырех выбранных объектов сцилла относится к феноритмотипу «эфмероид», пион – к весенне-летнезеленому феноритмотипу, а золотарник и дендрантема – к весенне-летне-осеннезеленому феноритмотипу.

Для отдельных декоративных культур, в том числе древесных, создающих не только красивоцветущий, но и декоративно-лиственный аспект, требуется составление более подробных феноспектров с использованием Методики фенонаблюдений в ботанических садах [11] с отдельным описанием фаз вегетативного и генеративного развития видов и сортов. На основании этого можно вычерчивать не однополосные, а двухполосные феноспектры. Особенно информативны они при проведении исследовательских работ.

Согласно методике [11], фенология вегетативных надземных побегов включает следующие фазы: V^1 – начало весеннего отрастания; V^2 – разветвление листьев, V^3 – окончание роста побегов, L^1 – начало отмирания листьев, L^2 – полное отмирание листьев.

Удобство данной методики заключается в том, что специалист по декоративному растениеводству или интродукции растений может вводить дополнительные фенофазы, важные для использования конкретного объекта в озеленении. Мы рекомендуем не нарушать индексацию предложенных в методике фенофаз, вводя дополнительные надстрочные индексы, например, V^4 , V^5 и др., тем более менять их последовательность. Отсутствующие в методике, но необходимые нам фазы мы рекомендуем обозначать подстрочными буквенными сокращениями. Например, $V_{\text{ант}}$ и $V_{\text{лим}}$ – период, когда молодые листья имеют яркую антоциановую (таблица 4) или лимонную окраску. Некоторые растения в первой половине вегетационного периода создают эффект цветения, а после отцветания у них отрастает высоко декоративная летняя генерация листьев. Нередко это происходит за счет образования розеточных ($V_{\text{розет}}$) побегов, что также можно отразить в феноспектрах (таблица 4).

Фенология генеративных побегов включает следующие фазы: Б – появление бутонов, Π^1 – начало цветения, Π^2 – конец цветения, Π^1 – завязывание плодов, Π^2 – созревание (и осыпание) плодов.

Кроме того, в методике рекомендуется отмечать: М – повреждение весенними или осенними заморозками, Р – появление надземных органов вегетативного размножения (усов, корневых отпрысков и др.), С – появление самосева.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Цифровая фенотека позволяет собрать из отдельных феноспектров и представить реальный декоративный эффект экспозиции со сменой во времени и является дополнением, а иногда и проверкой визуализации ландшафтного проекта.

Для однолетних цветочных растений, размножаемых посевом в грунт или рассадным способом за счет семян местной репродукции, рекомендуется составлять полные однополосные феноспектры с фазами цветения и плодоношения. Для красивоцветущих декоративных многолетников достаточно кратких однополосных феноспектров, позволяющих определить феноритмотипы. Для многолетников, создающих цветущий и декоративно-лиственный эффект (или только последний), необходимо построение двухполосных феноспектров по Методике фенологических наблюдений в ботанических садах.

Данная методика может совершенствоваться путем введения дополнительных фенологических фаз, позволяющих представить различные составляющие декоративного эффекта при использовании конкретного вида или сорта в ландшафтной архитектуре. Рекомендуется не нарушать индексацию предложенных в методике фенотипов, предлагая дополнительные надстрочные индексы (например, B^4 , B^5) и, соответственно, менять их последовательность. Отсутствующие в методике, но необходимые фенофазы, отражающие, в первую очередь, декоративно-лиственный эффект, рекомендуется обозначать подстрочными буквенными сокращениями ($B_{ант}$, $B_{розет}$ и др.).

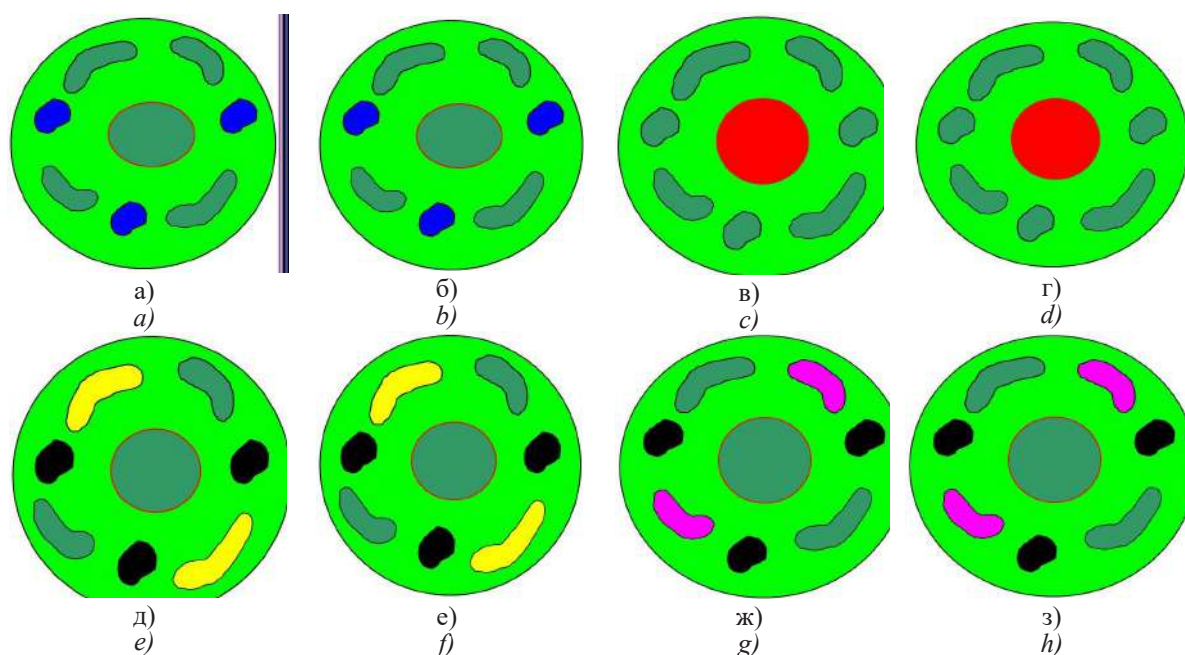


Рис. 2. Динамика смены декоративных аспектов на экспозиции:

- а) размещение и цветовая палитра экспозиции с фрагментами пиона травянистого, сорт Канзас (1); золотарника гибридного, сорт Дзинтра (2); дендрантеммы сибирской (3) и сциллы сибирской (4) на фоне газона;
- б) в условиях лесостепи Западной Сибири с середины II до середины III декады мая цветет сцилла, наблюдается отрастание и вегетативное развитие пиона, золотарника и дендрантеммы;
- в) после отцветания сциллы с середины III декады мая до начала III декады июня цветения на экспозиции не наблюдается;
- г) с III декады июня до начала I декады июля декоративный эффект цветения создает только пион (и в это время уже наблюдается увядание надземной части сциллы);
- д) в июле на экспозиции вновь наблюдается полное отсутствие цветения, усиленное полным отмиранием надземной части сциллы;
- е) после продолжительного малодекоративного состояния в начале I декады августа зацветет золотарник;
- ж) на короткий период II декады августа совместится фенофаза цветения у золотарника и дендрантеммы;
- з) завершающий декоративный эффект цветения дендрантеммы до середины сентября

Fig. 2. Dynamics of the change of decorative aspects at the exposition:

- a) the placement and color palette of the exposition with fragments of *Paeonia*, cultivar *Kanzas* (1), *Solidago x hybrida*, cultivar *Dzintra* (2), *Dendranthemum* sp. (3) and *Scilla sibirica* (4) on a lawn background;
- b) in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia, from the middle of the II to the middle of the III decade of May, *Scilla* blooms, regrowth and vegetative development of *Paeonia*, *Solidago* and *Dendranthemum* are observed;
- c) after the *Scilla* blooms from the middle of the third decade of May to the beginning of the third decade of June, there is no flowering at the exposition;
- d) from the third decade of June to the beginning of the first decade of July, only the *Paeonia* creates a decorative flowering effect (and at this time, the aboveground part of the *Scilla* is already withering);
- e) in July, the exposition again shows a complete absence of flowering, enhanced by the complete death of the aboveground part of the *Scilla*;
- f) after a prolonged low-ornamental state, *Solidago* will bloom at the beginning of the I decade of August;
- g) for a short period of the II decade of August, the phenophase of flowering in *Solidago* and *Dendranthemum* will combine;
- h) the final decorative effect of flowering of *Dendranthemum* until mid-September

Моделирование декоративного эффекта цветочной экспозиции на основании феноспектров

[illegible]

Modeling of the decorative effect of a flower exposition based on the phenospectrum

<i>Scilla sibirica</i>				■			■			■											
<i>Paeonia, cultivar Kansas</i>				■			■			■			■			■			■		
<i>Solidago x hybrida, cultivar Dzintra</i>				■			■			■			■			■			■		
<i>Dendranthemum sp.</i>				■			■			■			■			■			■		
<i>Decades</i>	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
<i>Months</i>	April			May			June			July			August			September			October		

Феноспектры вегетативного и генеративного развития декоративных травянистых многолетников

Декады	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
Месяцы	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь		

[illegible]

Phenospectrum of vegetative and generative development of ornamental herbaceous perennials

[illegible]

Цифровая фенотека, единожды составленная в виде отдельных феноспектров с хорошим подбором цветового соответствия, может в течение многих лет использоваться в работе и регулярно дополняться.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов» (номер госрегистрации АААА-А21-121011290025-2).

Библиографический список

1. Соколова Т. А., Бочкова И. Ю. Декоративное растениеводство. Цветоводство. Москва: Академия, 2014. 427 с.
2. Ханбабаева О. Е. Декоративное садоводство с основами ландшафтного проектирования. Москва: ВНИИГиМ, 2015. 394 с.
3. Ханбабаева О. Е., Иванова И. В., Тазина С. В. Цветоводство с основами ландшафтного проектирования. Москва: МЭСХ, 2019. 150 с.
4. Васильева О. Ю., Вышегуров С. Х., Пономаренко Н. В., Зуева Г. А., Ксензова Т. Г., Потапова С. С., Сарлаева И. Я., Седельникова Л. Л., Фомина Т. И. Цветоводство открытого грунта. Новосибирск: Агро-Сибирь, 2014. 284 с.
5. Седельникова Л. Л. Результаты исследования кандыка сибирского в Сибирском регионе // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. Вып. 76. № 1. С. 55–66. DOI: 10.31360/2225-3068-2021-76-55-66.
6. Зуева Г. А. Интродукция декоративных злаков и осок в Центральном сибирском ботаническом саду Сибирского отделения Российской академии наук // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2020. № 3 (35). С. 30–41. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.35.3.
7. Герасимович Л. В. *Tulipa tschimganica* Botschantz. в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 4 (29). С. 38–43. DOI: 10.24411/2309-4370-2019-14107.
8. Сарлаева М. Я., Васильева О. Ю. Развитие однолетних декоративных растений при весеннем посеве в условиях континентального климата // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 47–52. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp47-52.
9. Фомина Т. И. Перспективные пищевые и декоративные дикорастущие виды *Allium* L. в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2020. № 1 (33). С. 48–55. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.33.5.

10. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 156 с.
11. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. Москва, 1975. 27 с.
12. Фомина Т. И. Биологические особенности декоративных растений природной флоры в Западной Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2012. 179 с.
13. Дымина Г. Д., Черемушкина В. А. Практикум по анатомии и морфологии высших растений. Новосибирск: Изд. НГПУ, 2003. 130 с.
14. Savinykh N. P., Cheryomushkina V. A. Biomorphology: Current status and prospects // Contemporary Problems of Ecology. 2015. Vol. 8. No. 5. Pp. 541–549.
15. Черемушкина В. А., Барсукова И. Н. Ритм сезонного развития и малый жизненный цикл *Prunella vulgaris* L. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2020. Т. 13. № 1. С. 94–108.
16. Fomin E. S., Fomina T. I. Changes in the phenology of perennial plants in Western Siberia against the background of global warming // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14. No. 5. Pp. 434–445. DOI: 10.1134/S199542552105005X.
17. Zykhova V. K., Plugatar Yu. V., Zubkova N. V., Klimenko Z. K., Plugatar S. A., Ulanovskaya I. V. Introduction of new species for extension of the period of decorative effect of flower collection // Acta Horticulturae. 2020. T. 1288. Pp. 215–218.
18. Zykhova V., Klimenko Z., Zubkova N. V., Alexandrova L., Ulanovskaya I., Plugatar S., Smykova N. V., Kravchenko I. The Nikita botanical gardens ornamental plants collections biodiversity extension // Acta Horticulturae. 2021. T. 1324. Pp. 137–142.
19. Воробьева Э. А., Дормидонтова В. В. Анализ полицентрической композиции детской площадки «Салют» в ЦПКиО им. М. Горького // Вестник ландшафтной архитектуры. 2020. № 21. С. 11–13.
20. Воробьева Э. А., Довганюк А. И., Саянов А. А. Принцип подбора растений в дождевом саду в Ботаническом саду МГУ имени М. В. Ломоносова «Аптекарский огород» // Вестник ландшафтной архитектуры. 2020. № 23. С. 3–6.
21. Крючкова С. А., Скакова А. Г. Современные приемы организации открытых общественных пространств в городе Москве // Вестник ландшафтной архитектуры. 2020. № 21. С. 32–36.
22. Мочалова Е. Ю., Дормидонтова В. В. Некоторые принципы композиции современных объектов ландшафтной архитектуры // Вестник ландшафтной архитектуры. 2020. № 21. С. 46–50.
23. Власова А. Д., Милушкина Е. А. Проект благоустройства и озеленения многофункционального парка в районе ЖК «Мирный» в г. Обнинске // Вестник ландшафтной архитектуры. 2021. № 26. С. 16–20.
24. Сокольская О. Б. Ландшафтная архитектура: озеленение и благоустройство территорий индивидуальной застройки. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 328 с.

Об авторах:

Ольга Юрьевна Васильева¹, доктор биологических наук, заведующая лабораторией интродукции декоративных растений, ORCID 0000-0003-0730-3365, AuthorID 162694; +7 913 927-46-54, vasil.flowers@rambler.ru
 Султан Хаджибикарович Вышегуров², доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой ботаники и ландшафтной архитектуры, ORCID 0000-0002-4180-1643, AuthorID 292180; +7 903 905-97-79, Vishegurov-77@yandex.ru

¹ Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

The use of a digital phenological library of herbaceous plants in ornamental plant growing

O. Yu. Vasilyeva^{1✉}, S. Kh. Vyshegurov²

¹ Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

✉ E-mail: vasil.flowers@rambler.ru

Abstract. This study shows the improvement of classical methods of studying the growth and development of ornamental plants through the use of modern digital technologies. **The purpose** of the work is to **show** students in the direction of 35.03.10 “Landscape architecture” (Decorative plant growing profile) the biological features and

decorative qualities of introduced plants in the conditions of the continental climate of the forest-steppe of Western Siberia and to create a digital phenological library. **Methods.** The construction of the phenospectrum was based on the works of T. I. Fomina and I. N. Beideman. For the design of complete phenospectrum of beautifully flowering plants, it was noted: regrowth, vegetation, budding, flowering, fruit tying, fruit ripening, the end of vegetation. In the abbreviated versions for the digital phenological library, only the periods of vegetation and decorative were noted, the flowering phase was filled with a color corresponding to the color of the variety or species. Calculations for plotting hydrothermal conditions were carried out by standard methods using statistical packages of the Microsoft Excel 2003 program. **Results.** Examples of single-band phenospectrum characterizing various phenorhythmotypes are given. The advantage of two-band phenospectrum compiled according to the Method of phenological observations for botanical gardens is shown when characterizing plants that create a flowering and decorative-deciduous effect. According to this Method, the phenology of vegetative aboveground shoots includes the phases: B¹ – the beginning of spring regrowth; B² – the unfolding of leaves, B³ – the end of shoot growth, L¹ – the beginning of leaf death, L² – complete leaf death. Additional phenophases are proposed for a more complete description of the spring and summer decorative-deciduous effect. Additional phenophases are proposed for a more complete description of the spring and summer decorative-deciduous effect. For example, V_{ant} or V_{lim} is a period when young leaves have a bright anthocyanin or lemon color. Additionally, the period of regrowth of summer leaf generation is shown. In the course of training, on the basis of the compiled templates, the method of combining phenospectrum with diagrams of hydrothermal conditions of growing seasons, including abnormally arid and abnormally humid, is also mastered. **Scientific novelty.** The possibilities of a digital **phenological library** are shown, which allow to quickly and reliably simulate the flowering and decorative-deciduous aspects of flower expositions and landscape groups based on complete and abbreviated phenomenon spectra. The materials of the digital **phenological library** complement the visualization of landscaping projects.

Keywords: digital phenological library, phenorhythmotype, forest steppe of Western Siberia, ornamental plant growing, landscape architecture, hydrothermal conditions, *Astilbe*, *Phlox paniculata*, *Crocus*, *Scilla sibirica*, *paenonia*, *Solidago x hybrida*, *Dendranthema*.

For citation: Vasilyeva O. Yu., Vyshegurov S. Kh. Ispol'zovanie tsifrovoy fenoteki travyanistyykh rasteniy v dekorativnom rastenievodstve [The use of a digital phenological library of herbaceous plants in ornamental plant growing] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (2022). Pp. 37–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-37-47. (In Russian.)

Date of paper submission: 25.02.2022, **date of review:** 07.03.2022, **date of acceptance:** 11.03.2022.

References

1. Sokolova T. A., Bochkova I. Yu. Dekorativnoye rasteniyevodstvo. Tsvetovodstvo [Decorative plant growing. Floriculture]. Moscow: Akademiya, 2014. 427 p. (In Russian.)
2. Khanbabayeva O. E. Dekorativnoye sadovodstvo s osnovami landshaftnogo proyektirovaniya [Decorative gardening with the basics of landscape design]. Moscow: VNIIGiM, 2015. 394 p. (In Russian.)
3. Khanbabayeva O. E., Ivanova I. V., Tazina S. V. Tsvetovodstvo s osnovami landshaftnogo proyektirovaniya. Moscow: M·ESKh, 2019. 150 p. (In Russian.)
4. Vasil'eva O. Yu., Vyshegurov S. Kh., Ponomarenko N. V., Zueva G. A., Ksenzova T. G., Potapova S. S., Sarlaeva I. Ya., Sedel'nikova L. L., Fomina T. I. Tsvetovodstvo otkrytogo grunta [Floriculture of the open ground]. Novosibirsk: Agro-Sibir', 2014. 284 p. (In Russian.)
5. Sedel'nikova L. L. Rezul'taty issledovaniya kandyka sibirskogo v Sibirskom regione. [The results of the study of the Siberian kandyk in the Siberian region] // Subtropical and decorative gardening. 2021. Vol. 76. No. 1. Pp. 55–66. DOI: 10.31360/2225-3068-2021-76-55-66. (In Russian.)
6. Zueva G. A. Introduktsiya dekorativnykh zlakov i osok v Tsentral'nom sibirskom botanicheskom sadu Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk [Introduction of ornamental cereals and sedges in the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences] // Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. 2020. No. 3 (35). Pp. 30–41. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.35.3. (In Russian.)
7. Gerasimovich L. V. Tulipa tschimganica Botschantz. v kolleksii Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada SO RAN [Tulipa tschimganica Botschantz. in the collection of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS] // Samara Journal of Science. 2019. Vol. 8. No. 4(29). Pp. 38–43. DOI: 10.24411/2309-4370-2019-14107. (In Russian.)
8. Sarlaeva M. Ya., Vasil'eva O. Yu. Razvitiye odnoletnikh dekorativnykh rasteniy pri vesennem poseve v usloviyakh kontinental'nogo klimata [Development of annual ornamental plants during spring sowing in a continental climate] // The Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 10. Pp. 47–52. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp47-52. (In Russian.)

9. Fomina T. I. Perspektivnyye pishchevye i dekorativnyye dikorastushchiye vidy *Allium* L. v kolleksii Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada SO RAN [Promising food and ornamental wild species of *Allium* L. in the collection of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS] // Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. 2020. No. 1 (33). Pp. 48–55. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.33.5. (In Russian.)
10. Beydeman I. N. Metodika izucheniya fenologii rasteniy i rastitel'nykh soobshchestv [Methods of studying the phenology of plants and plant communities]. Novosibirsk: Nauka, 1974. 156 p. (In Russian.)
11. Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadakh SSSR. [Methods of phenological observations in the botanical gardens of the USSR]. Moscow, 1975. 27 p. (In Russian.)
12. Fomina T. I. Biologicheskiye osobennosti dekorativnykh rasteniy prirodnoy flory v Zapadnoy Sibiri [Biological features of ornamental plants of natural flora in Western Siberia]. Novosibirsk: GEO, 2012. 179 p. (In Russian.)
13. Dymina G. D., Cheremushkina V. A. Praktikum po anatomii i morfologii vysshikh rasteniy [Workshop on anatomy and morphology of higher plants] Novosibirsk: Izd. NGPU, 2003. – 130 p. (In Russian.)
14. Savinykh N. P., Cheryomushkina V. A. Biomorphology: Current status and prospects // Contemporary Problems of Ecology. 2015. Vol. 8. No. 5. Pp. 541–549.
15. Cheremushkina V. A., Barsukova I. N. Ritm sezonnogo razvitiya i malyy zhiznennyy tsikl *Prunella vulgaris* L. [The rhythm of seasonal development and the small life cycle of *Prunella vulgaris* L.] // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2020. T.13. No. 1. Pp. 94–108. (In Russian.)
16. Fomin E. S., Fomina T. I. Changes in the phenology of perennial plants in Western Siberia against the background of global warming // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14. No. 5. Pp. 434–445. DOI: 10.1134/S199542552105005X.
17. Zyкова V. K., Plugatar Yu. V., Zubkova N. V., Klimenko Z. K., Plugatar S. A., Ulanovskaya I. V. Introduction of new species for extension of the period of decorative effect of flower collection // Acta Horticulturae. 2020. T. 1288. Pp. 215–218.
18. Zyкова V., Klimenko Z., Zubkova N. V., Alexandrova L., Ulanovskaya I., Plugatar S., Smykova N. V., Kravchenko I. The Nikita botanical gardens ornamental plants collections biodiversity extension // Acta Horticulturae. 2021. T. 1324. Pp. 137–142.
19. Vorob'eva E. A., Dormidontova V. V. Analiz politsentricheskoy kompozitsii detskoy ploshchadki “Salyut” v TSPKiO im. M. Gor'kogo [Analysis of polycentric composition of the children's playground “Salyut” in the Gorky Central Park] // Vestnik landshaftnoy arkhitektury. 2020. No. 21. Pp. 11–13. (In Russian.)
20. Vorob'eva E. A., Dovganyuk A. I., Sayanov A. A. Printsip podbora rasteniy v dozhdevom sadu v botanicheskoy sadu MGU imeni M. V. Lomonosova “Aptekarskiy ogorod” [The principle of selection of plants in the rain garden in the Botanical Garden of Lomonosov Moscow State University “Medicine garden”] // Vestnik landshaftnoy arkhitektury. 2020. No. 23. Pp. 3–6. (In Russian.)
21. Kryuchkova S. A., Skakova A. G. Sovremennyye priyemy organizatsii otkrytykh obshchestvennykh prostranstv v gorode Moskve [Modern methods of organizing open public spaces in the city of Moscow] // Vestnik landshaftnoy arkhitektury. 2020. No. 21. Pp. 32–36. (In Russian.)
22. Mochalova E. Yu., Dormidontova V. V. Nekotoryye printsipy kompozitsii sovremennykh ob'yektov landshaftnoy arkhitektury [Some principles of composition of modern objects of landscape architecture] // Vestnik landshaftnoy arkhitektury. 2020. No. 21. Pp. 46–50. (In Russian.)
23. Vlasova A. D., Milushkina E. A. Proyekt blagoustroystva i ozeleneniya mnogofunktsional'nogo parka v rayone ZHK “Mirnyy” v g. Obninske [The project of landscaping of a multifunctional park in the area of the residential complex “Mirnyy” in Obninsk] // Vestnik landshaftnoy arkhitektury. 2021. No. 26. Pp. 16–20. (In Russian.)
24. Sokol'skaya O. B. Landshaftnaya arkhitektura: ozeleneniye i blagoustroystvo territoriy individual'noy zasstroyki [Landscape architecture: landscaping and landscaping of individual development areas]. Saint Petersburg: Lan', 2021. 328 p. (In Russian.)

Authors' information:

Olga Yu. Vasilyeva¹, doctor of biological sciences, head of the laboratory of introduction of ornamental plants, ORCID 0000-0003-0730-3365, AuthorID 162694; +7 913 927-46-54, vasil.flowers@rambler.ru

Sultan Kh. Vyshegurov², doctor of agricultural sciences, head of the department of botany and landscape architecture, ORCID 0000-0002-4180-1643, AuthorID 292180; +7 903 905-97-79, Vishegurov-77@yandex.ru

¹ Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Поиск оптимального способа экстракции прополиса водой

Е. А. Вахонина¹✉

¹ Федеральный научный центр пчеловодства, Рыбное, Россия

✉ E-mail: landych899@gmail.ru

Аннотация. В ходе исследования представлена пополненная база данных содержания биологически активных веществ в водных экстрактах прополиса, приготовленных при разных температурах, разными способами. **Цель** работы – подбор оптимальных режимов приготовления водных экстрактов прополиса, определение содержания биологически активных веществ свежеприготовленных экстрактов прополиса и в процессе хранения. Исследования проведены в лаборатории ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства». **Актуальность** работы заключается в разработке методов извлечения водных экстрактов прополиса при разных температурах ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$), применении ультразвука. **Научная новизна.** Впервые установлены биологически активные вещества методом определения антиокислительной активности. **Методы.** Выход экстрактивных веществ (массовая доля сухих веществ) определяли методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ 28886-19. Определение ненасыщенных соединений выполняли по ГОСТ 28886-19. Определение флавоноидных и других фенольных соединений выполняли методом фотометрии по ГОСТ 28886-19 (общие флавоноидные соединения). Определение флавана, флаванолов, флавонолов выполняли по методике, представленной в «Руководстве по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище» (Р 4.1.1672-0, 2004) (в пересчете на рутин). Оценку антиокислительной активности водных экстрактов прополиса проводили методом, основанным на реакции KMnO_4 в присутствии $0,24\text{ M H}_2\text{SO}_4$ с исследуемым раствором прополиса с последующим пересчетом на кверцетин в 1 мл или 1 г препарата [1]. **Результаты.** Количество сухих веществ в процессе хранения в водном экстракте прополиса (1-й способ) уменьшилось с 0,23 до 0,15 %; в водном экстракте, приготовленном при помощи ультразвука (3-й способ), увеличилось от 0,21 % до 0,23 %. Количество сухих веществ в водных экстрактах прополиса, приготовленных 2-м и 4-м способами, снизилось в процессе хранения от 0,55 до 0,49 % (2-й способ) и от 0,6 до 0,59 % (4-й способ).

Ключевые слова: прополис, водный экстракт прополиса, флавоноидные соединения, сухие вещества, водородный показатель, антиокислительная активность.

Для цитирования: Вахонина Е. А. Поиск оптимального способа экстракции прополиса водой // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 48–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-48-59.

Дата поступления статьи: 22.02.2022, **дата рецензирования:** 03.03.2022, **дата принятия:** 11.03.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Нарастание окислительного стресса является важным фактором возникновения многих заболеваний. Антиоксиданты – вещества, в малых количествах замедляющие или предотвращающие окислительные процессы.

Прополис – лидер по антиоксидантной активности и содержанию биофлавоноидов среди употребляемых в пищу продуктов. Он поддерживает иммунную систему и помогает защитить клетки от повреждений свободными радикалами. Поэтому актуально исследование антиоксидантных свойств прополиса, экстрактов прополиса.

Изучены экстракты прополиса, полученные разными способами. Установлено содержание экстрактивных веществ, флавоноидных соединений, ненасы-

щенных соединений, веществ с восстанавливающими свойствами. Разработаны наиболее эффективные способы получения водных экстрактов прополиса.

Целью работы явился сравнительный анализ перспективных технологий для получения экстрактов прополиса с высоким содержанием биологически активных веществ, оценка антиокислительной активности водных экстрактов прополиса.

Прополис – комплексный продукт пчеловодства – является источником многочисленных биологически активных веществ, полезных для здоровья человека, поэтому интенсивно изучается [2; 3]. Наиболее широко представленными биологически активными соединениями прополиса умеренных зон являются фенольные кислоты и флавоноиды, ароматические кислоты и их эфиры [4, с. 528].

Несмотря на пониженную растворимость в воде фенольных кислот и флавоноидов, не следует игнорировать воду как экстрагент. Можно получать экстракты с высоким содержанием биологически активных соединений, демонстрирующих высокую антиоксидантную способность и столь же высокую антимикробную активность.

На извлечение биологически активных веществ в водных экстрактах прополиса влияют время экстракции, степень измельчения сырья, перемешивание, воздействие ультразвука, нагревание и другие факторы. Необходимо исследовать данные параметры, количество извлекаемых биологически активных веществ, сроки хранения водных экстрактов прополиса. Нами изучено влияние экспериментальных факторов на выход и свойства экстрактов. Процесс был в основном сосредоточен на увеличении общего выхода экстрактивных веществ прополиса.

Экспериментально следует искать лучшие условия экстракции с использованием экологически чистых растворителей или смесей растворителей.

Повышение температуры в сосудах с мешалкой [5, с. 873; 6, с. 189; 7, с. 437] или в системах жидкостной экстракции под давлением [8, с. 1; 11] привело к более высоким выходам извлечения биологически активных соединений.

Интенсификация процесса с целью увеличения концентрации активных веществ и сокращения времени процесса достигается за счет применения ультразвука [10, с. 219; 9], микроволновых полей [12] или сверхкритической экстракции [13, с. 88].

Водные растворы прополиса имеют сложный многокомпонентный химический состав и содержат биологически активные вещества, например, ненасыщенные жирные кислоты, количество которых в водных растворах выше, чем в спиртовых. В связи с этим водные растворы обладают многообразными свойствами (в отличие от спиртовых, которые этих действий или не проявляют, или оказывают влияние в больших концентрациях): противовирусным, противогрибковым, антимикробным, в том числе против грамотрицательных микробов. В водных растворах содержатся также органические кислоты, оказывающие влияние на кровеносную систему; летучие вещества, в том числе эфирные масла, обуславливающие анестезирующие свойства прополисных водных растворов, и др. Однако биологические свойства и физиологическое действие на организм обуславливаются не отдельно взятыми компонентами, а главным образом их совокупностью. В связи с этим водные растворы благотворно влияют на обмен в соединительной ткани, стимулируют факторы иммунитета, обладают радиопротекторными свойствами, способствуют обезвреживанию токсинов и др.

Соединения с антибактериальным, противогрибковым, антиоксидантным и противоопухоле-

вым воздействием присутствуют в небольшом количестве в натуральном прополисе. Исследованиями, проведенными в Италии, Бразилии, Болгарии, Японии, показано, что пиноцембрин, *n*-кумаровая кислота, 3-ацетилпинобанксин, пинобанксин-3-ацетат и кофейная кислота обладают противогрибковой активностью против *C. Albicans* [8, с. 1]. Антимикробная активность прополиса начинает документироваться в отношении различных бактерий, дрожжей, вирусов и паразитов [8, с. 1]. In vitro прополис может действовать непосредственно на микроорганизмы, а in vivo может стимулировать иммунную систему, активируя механизмы, участвующие в гибели микроорганизмов.

Исследования противовирусной активности прополиса показали, что его можно использовать в качестве вспомогательного средства при борьбе с респираторными инфекциями, вызываемыми в основном коронавирусами [14, с. 3]. Такие соединения, как кофейная кислота и фенетиловый эфир кофейной кислоты (CAPE), кверцетин, кемпферол, *n*-кумаровая кислота, галангин, хризин, обладающие противовоспалительным и иммунорегулирующим воздействием, делают прополис возможным важным компонентом при лечении различных вирусных заболеваний, включая COVID-19 [15]. Прополис уже давно используется для лечения вирусных инфекций, а совсем недавно был протестирован на эффективность против SARS-CoV-2, возбудителя COVID-19. Ковач и Поллак показали, что прополис можно также использовать в качестве спрея для физического предотвращения проникновения вирусов в организм путем формирования обширного слоя зоны отчуждения воды [16]. Большая часть антиоксидантных свойств прополиса была приписана галангину и пиноцембрину [17, с. 1695]. Было признано, что фенольные соединения в прополисе отдают ионы водорода свободным радикалам, тем самым препятствуя окислению липидов, белков и нуклеиновых кислот [18, с. 894].

Водный экстракт прополиса оказывает более сильное антиоксидантное действие, чем спиртовые экстракты, при этом галангин проявляет большую эффективность, чем пиноцембрин, независимо от растворителя для экстракции. При сравнении состава и биологической активности экстрактов прополиса, приготовленных со смесями безалкогольных растворителей, не было обнаружено существенных различий в общем содержании фенольных соединений по сравнению с этанольными экстрактами [19]. Прополис и его экстракты являются природными антиоксидантами, нативный прополис имеет наиболее высокую антиоксидантную активность из продуктов пчеловодства (3800 мг / 100 г, стандарт – кверцетин), широким спектром биологической активности [20; 21, с. 76; 22, с. 348].

Прополис и его экстракты обладают этиотропным (направленным на устранение причины заболевания) противовирусным воздействием. Максимальной противовирусной активностью обладают водные экстракты прополиса. В организме человека они стимулируют выработку вирусных ингибиторов, механизм действия аналогичен действию интерферона. Вирусы не имеют возможности так быстро выработать эффективную защиту от сложнокombинированной уникальной биохимической формулы прополиса [23, с. 471; 24, с. 432].

Водные экстракты прополиса применяются в практике офтальмологии, выявлена их большая эффективность по сравнению с синтетическими антиоксидантами, применяемыми на модели катаракты [25, с. 14; 26, с. 154].

Высокая эффективность водного экстракта прополиса присутствует при лечении воспалительных заболеваний полости рта и повреждений эпителия, вызванных курением. Табачный дым вызывает образование свободных радикалов в эпителиальной ткани, которые повреждают мембраны клеток, клеточные ядра и вызывают пролиферативность клеточных процессов. Компоненты табачного дыма аккумулируются и вызывают нарушение гомеостаза, повреждение метаболических, иммунных и генетических механизмов [27, с. 51; 28, с. 40].

Прополис эффективен против вирусов гриппа. Фенолы, полученные из прополиса (особенно изопентилферулат), проявляют сильную противовирусную активность против вируса гриппа А (H3N2). Водный экстракт прополиса обладает противовирусной активностью в отношении вируса гриппа А/WSN/33 (H1N1). Оказалось, что кофеилхиновые кислоты были активными компонентами, которые проявляли противовирусные свойства. Доказано, что прополис обладает антиВИЧ-активностью. Показано, что мороновая кислота – тритерпеноид, выделенный из бразильского прополиса, – ингибирует активность ВИЧ в лимфоцитах H9. Экстракты прополиса из различных источников и регионов, а именно из Миннесоты (США), Бразилии и Китая, ингибируют ВИЧ-1-инфицированные CD4+ лимфоциты и культуры клеток микроглии [29, с. 1360].

Методология и методы исследования (Methods)

Цель данного исследования – подбор оптимальных режимов приготовления водных экстрактов прополиса, определение содержания биологически активных веществ свежеприготовленных экстрактов прополиса и в процессе хранения. Исследования проведены в лаборатории ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» в период 2019–2021 гг. Экспериментальные образцы прополиса для приготовления водных экстрактов были заготовлены на пасеках Рязанской области (Рыбновского, Ряжского, Кадомского, Сасовского, Сараевского районов).

Объект исследования – экстракты прополиса, которые были получены методом мацерации (с нагреванием и без нагревания) и ультразвукового экстрагирования. Получение водного извлечения при $t = 20 \pm 2$ °C проводили на магнитной мешалке, а также при $t = 93 \pm 2$ °C на водяной бане с использованием обратного холодильника (для сохранения летучих соединений).

Принцип метода экстракции ультразвуком: источники УЗ помещают в обрабатываемую среду в экстракторе. Ультразвуковые волны создают кавитацию, в результате ускоряются пропитка сырья экстрагентом и растворение экстрактивных веществ в клетках растительного материала. В пограничном диффузионном слое экстрагента образуются турбулентные и вихревые потоки, в результате чего молекулярная диффузия практически полностью заменяется на конвективную.

Использование УЗ ограничивается в связи с тем, что возможны ионизация молекул действующих веществ, изменение их свойств, поэтому УЗ требует предварительного исследования.

Ультразвуковую экстракцию проводили на ультразвуковой установке HD 2070, GmbH & Co, Германия.

Технические параметры:

- ультразвуковая частота 20 кГц $\pm$ 500 Гц;
- ультразвуковой режим работы импульсный;
- температура экстракции $t = 20 \pm 2$ °C, и $t = 93 \pm 2$ °C.

В качестве экстрагента использовалась вода очищенная. Соотношение сырья и экстрагента во всех случаях составляло 1:10 (по массе). Прополис охлаждали в холодильнике при $t = -6 \pm 2$ °C в течение 30–60 минут, а затем измельчали на лабораторной мельнице до порошкообразного состояния с размером частиц от 1 до 3 мм и просеивали через сито.

Навеску порошка прополиса 10,0 г помещали в стакан и заливали 100 см³ экстрагента (вода очищенная). Осуществляли обработку ультразвуком. Для проведения ультразвуковой экстракции насадку генератора погружали в стакан. Ультразвуковое воздействие на порошок прополиса проводили, в течение 30–60 минут.

Водный прополис экстрагировали четырьмя способами:

Способ 1. Экстрагировали прополис однократно на магнитной мешалке в течение 5 часов, при $t = 20$ °C.

Способ 2. Экстрагировали прополис однократно на водяной бане в течение 5 часов, при $t = 93$ °C, использовали обратный холодильник (для сохранения летучих соединений).

Способ 3. Экстрагировали прополис однократно ультразвуком в режиме кавитации в течение 30–60 мин. непрерывно при температуре окружающей среды $t = 20$ °C.

Способ 4. Экстрагировали прополис однократно ультразвуком в режиме кавитации в течение 30–60 мин. непрерывно с последующим нагреванием на водяной бане, $t = 93^{\circ}\text{C}$ в течение 5 часов, использовали обратный холодильник (для сохранения летучих соединений).

Выход экстрактивных веществ (массовая доля сухих веществ) определяли методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ 28886-90 [11]. Метод основан на высушивании навески водного экстракта прополиса до постоянной массы при определенной температуре и расчете потери массы после высушивания по отношению к массе навески до высушивания.

Определение ненасыщенных соединений выполняли по ГОСТ 28886-90 [11]. Метод основан на определении времени окисления ненасыщенных соединений, входящих в состав прополиса, и выра-

жается временем (в секундах), в течение которого происходит обесцвечивание раствора марганцовокислого калия.

Определение флавоноидных и других фенольных соединений выполняли методом фотометрии по ГОСТ 28886-90 (общие флавоноидные соединения) [12]. Принцип метода заключается в извлечении флавоноидных соединений и других фенольных соединений 96-градусным этиловым спиртом и последующем их количественном определении на фотоэлектроколориметре (ФЭК).

Определение флавана, флаванонов, флавонолов выполняли по методике, представленной в «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище» (Р 4.1.1672-0, 2004) в пересчете на рутин [13]. Метод определения рутина в прополисе основан на спектрофотометрическом установлении опти-

Таблица 1
Показатели водных экстрактов при различных режимах экстракции

Метод экстракции	Массовая доля флавоноидных соединений по ГОСТ 28886-90, %	Массовая доля флавоноидных соединений (в пересчете на рутин) в прополисе по ГОСТ Р 55312, мг/г	Антиокислительная активность, мг/г	Окисляемость, с	Массовая доля сухих веществ, %
1. Экстракция водой на магнитной мешалке при $t = 20^{\circ}\text{C}$	$0,1 \pm 0,02$	$2,032 \pm 0,33$	$0,056 \pm 0,005$	$4,34 \pm 0,51$	$0,2 \pm 0,44$
2. Экстракция водой при $t = 93^{\circ}\text{C}$ с обратным холодильником	$0,18 \pm 0,01$	$7,31 \pm 0,89$	$0,126 \pm 0,01$	$0,8 \pm 0,1$	$0,55 \pm 0,05$
3. Ультразвуковая экстракция при $t = 20^{\circ}\text{C}$	$0,06 \pm 0,017$	$0,61 \pm 0,21$	$0,07 \pm 0,007$	$5,6 \pm 0,67$	$0,23 \pm 0,02$
4. Ультразвуковая экстракция с нагреванием при $t = 93^{\circ}\text{C}$	$0,137 \pm 0,04$	$2,26 \pm 0,28$	$0,118 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,1$	$0,59 \pm 0,03$

Table 1
Indicators of water extracts under various extraction modes

Extraction method	Mass fraction of flavonoid compounds according to GOST 28886-90, %	Mass fraction of flavonoid compounds (in terms of rutin) in propolis according to GOST R 55312	Antioxidant activity, mg/g	Oxidability, s	Mass fraction of dry matter, %
1. Extraction with water on a magnetic stirrer $t = 20^{\circ}\text{C}$	0.1 ± 0.02	2.032 ± 0.33	0.056 ± 0.005	4.34 ± 0.51	0.2 ± 0.44
2. Extraction with water at $t = 93^{\circ}\text{C}$ under reflux	0.18 ± 0.01	7.31 ± 0.89	0.126 ± 0.01	0.8 ± 0.1	0.55 ± 0.05
3. Ultrasonic extraction at $t = 20^{\circ}\text{C}$	0.06 ± 0.017	0.61 ± 0.21	0.07 ± 0.007	5.6 ± 0.67	0.23 ± 0.02
4. Ultrasonic extraction with heating at $t = 93^{\circ}\text{C}$	0.137 ± 0.04	2.26 ± 0.28	0.118 ± 0.02	0.2 ± 0.1	0.59 ± 0.03

ческой плотности комплексов, образующихся при взаимодействии флавоноидов, входящих в состав прополиса, с хлоридом алюминия. Определяются производные флавона: флавонолы (рутин – рутинозид кверцетина, гиперозид – галактозид кверцетина, морин, кверцетин, мирицетин, кемпферол, кверцитрин, галангин) и флавоны (хризин, апигенин, лютеолин, изовитексин, изоориентин).

Принцип колориметрического метода, основанного на взаимодействии с алюминий хлоридом, заключается в том, что реагент образует кислотоустойчивые комплексы с С4 кето-группой либо с С3 или С5 гидроксильной группой флавонов и флавонолов. Данные комплексы имеют максимум поглощения в диапазоне длин волн 415–440 нм.

Оценку антиокислительной активности водных экстрактов прополиса проводили методом, основанным на реакции KMnO_4 в присутствии 0,24 М H_2SO_4 с исследуемым раствором прополиса с последующим пересчетом на кверцетин в 1 мл или 1 г препарата [14].

Результаты (Results)

Исследование фенольного комплекса экстрактов прополиса показало, что общее содержание фенольных соединений находится в диапазоне значений от 0,06 до 0,18 %. Содержание флавоноидных соединений при температуре экстракции $t = 20^\circ\text{C}$ без применения ультразвука выше на 40 %, чем при экстракции с применением ультразвука. При экстракции при $t = 93^\circ\text{C}$ содержание флавоноидных соединений в водном растворе выше на 23,9 % при применении ультразвука.

Исследование флавоноидных соединений в пересчете на рутин в водных экстрактах прополиса показало, что максимальное значение рутина ($7,31 \pm 0,89$ мг/г) получено в экстракте, который приготовлен способом 2 ($t = 93^\circ\text{C}$), при способе 4 содержание флавоноидных соединений меньше на 69,1 %, при способе 1 – меньше на 72,3 %, при способе 3 – меньше на 91,7 %.

Выход экстрактивных веществ по массе составил от 0,2 до 0,59 % в зависимости от способа получения водных экстрактов прополиса.

Содержание сухих веществ при экстракции прополиса при $t = 20^\circ\text{C}$ с применением ультразвука выше на 13,1 %, чем без применения ультразвука.

Содержание сухих веществ при экстракции при $t = 93^\circ\text{C}$ без применения ультразвука выше на 6,8 %, чем с применением ультразвуковой обработки прополиса.

Результаты исследований показали, что водные экстракты при различных температурах извлечения ($t = 20^\circ\text{C}$ в способе 1 и $t = 93^\circ\text{C}$ в способе 2) содержат 0,056 и 0,126 мг/г соответственно биологически активных веществ восстановительного характера. Водные экстракты, полученные ультразвуковой экстракцией, содержат 0,07 ($t = 20^\circ\text{C}$, способ 3) и 0,118 ($t = 93^\circ\text{C}$, способ 4) мг/г БАВ с восстановительными свойствами.

Ненасыщенные соединения (в основном свободные жирные кислоты) относятся к продуктам обмена пчел. Большая часть этих кислот (карбоновые кислоты, фенольные кислоты, аминокислоты, витамины, некоторые флавоноиды) хорошо растворяется в воде.

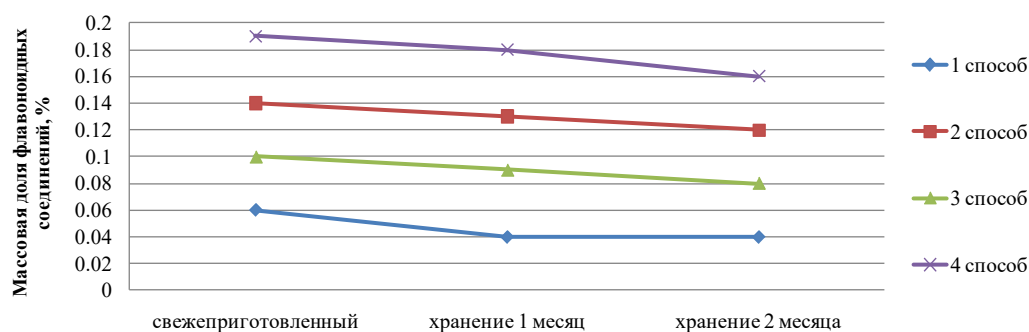


Рис. 1. Содержание флавоноидных соединений в водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами

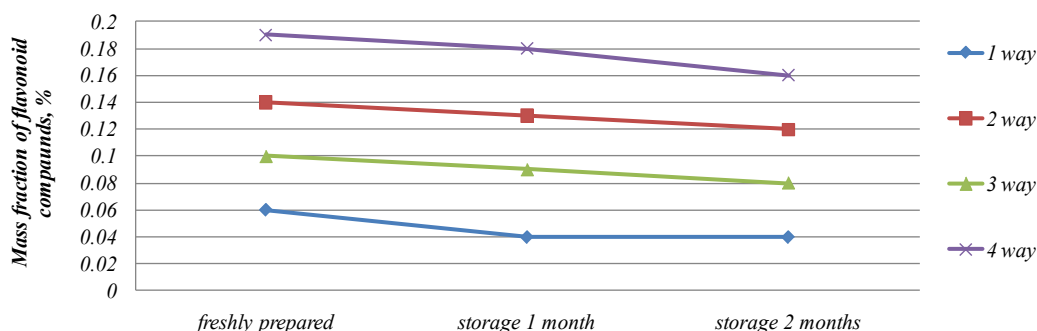


Fig. 1. The content of flavonoid compounds in aqueous extracts of propolis prepared in different ways

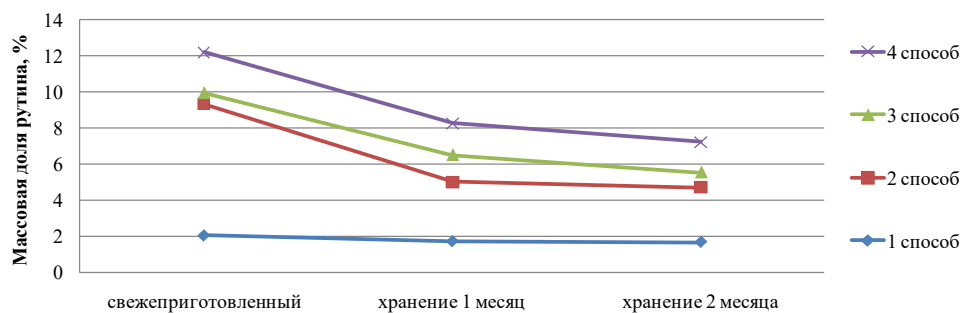


Рис. 2. Содержание флавоноидных соединений в пересчете на рутин в водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами в процессе хранения

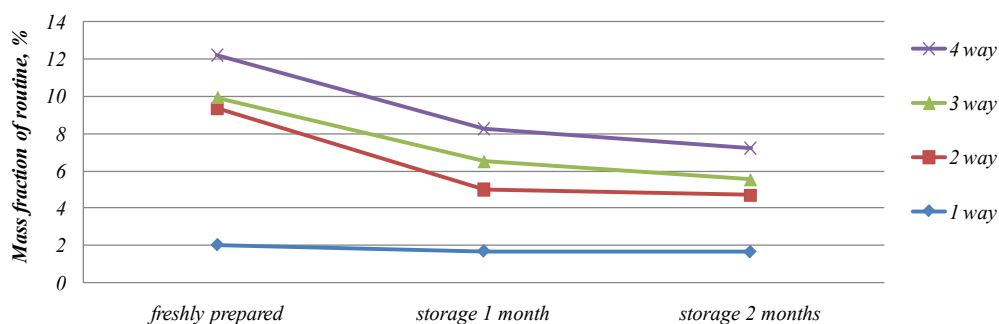


Fig. 2. The content of flavonoid compounds in terms of rutin in aqueous extracts of propolis prepared in various ways during storage

Окисляемость водных экстрактов прополиса, полученных при $t = 93^\circ\text{C}$, в 5,42–28 раз ниже, чем экстрактов, полученных при $t = 20^\circ\text{C}$, что свидетельствует о высокой биологической активности водных экстрактов прополиса, так как чем ниже показатель окисляемости, тем больше ненасыщенных соединений содержится в экстракте.

В дальнейшем исследовали образцы водного экстракта прополиса после хранения в холодильнике ($t = 4 \dots 6^\circ\text{C}$) в течение 1 и 2 месяцев.

Содержание флавоноидных соединений водных экстрактов прополиса после хранения в течение 2 месяцев снизилось на 30 % (с 0,06 до 0,042 %) при способе 1, на 14,3 % (с 0,14 до 0,12 %) при способе 2, на 20 % (с 0,1 до 0,08 %) при способе 3 и на 15,8 % (с 0,19 до 0,16 %) при способе 4.

Максимальное количество флавоноидных соединений в пересчете на рутин извлеклось из прополиса при 2-м способе ($7,31 \pm 0,89$), в процессе хранения в течение 3 месяцев оно снижается на 58,4 %. При экстрагировании при $t = 93^\circ\text{C}$ с использованием ультразвука и при $t = 20^\circ\text{C}$ без ультразвука (способ 4 и способ 1) извлеклось $2,26 \pm 0,28$ % и $2,032 \pm 0,33$ % флавоноидных соединений (в пересчете на рутин), при трехмесячном хранении их количество снизилось на 18,31 и 25,7 % соответственно. Минимальное количество флавоноидных соединений извлеклось при экстрагировании 3-м способом ($0,61 \pm 0,21$ %).

Эквивалентной оценкой биохимической активности экстрактов является определение их общей антиокислительной активности (АОА). Показате-

лем относительной АОА служит объем экстракта в миллилитрах, израсходованный на титрование 1 мл 0,05 Н раствора перманганата калия. Чем меньше объем препарата, израсходованный на титрование, тем выше антиокислительная активность препарата.

В процессе хранения водных экстрактов прополиса, полученных разными способами, количество веществ с восстановительными свойствами изменилось следующим образом: 1-й способ – снизилось на 47,3 %; 2-й способ – снизилось на 37,3 %, 3-й способ – количество без изменений; 4-й способ – увеличилось на 41 %.

Наименьшую окисляемость определили в экстрактах, полученных при $t = 93^\circ\text{C}$: 0,2 и 0,8 с (4-й и 2-й способы). В процессе хранения в экстракте, полученном 4-м способом, окисляемость увеличилась в 2 раза, до 0,4 с. При хранении экстракта, полученного 2 способом окисляемость увеличилась в 2,9 раза.

Окисляемость экстрактов, полученных при $t = 20^\circ\text{C}$, в 21,7–28 раз выше, чем экстрагированных при $t = 93^\circ\text{C}$.

Количество сухих веществ в процессе хранения в водном экстракте прополиса (1-й способ) уменьшилось с 0,23 до 0,15 %; в водном экстракте, приготовленном при помощи ультразвука (3-й способ), увеличилось от 0,21 % до 0,23 %. Количество сухих веществ в водных экстрактах прополиса, приготовленных 2-м и 4-м способами, снизилось в процессе хранения от 0,55 до 0,49 % (2-й способ) и от 0,6 до 0,59 % (4-й способ).

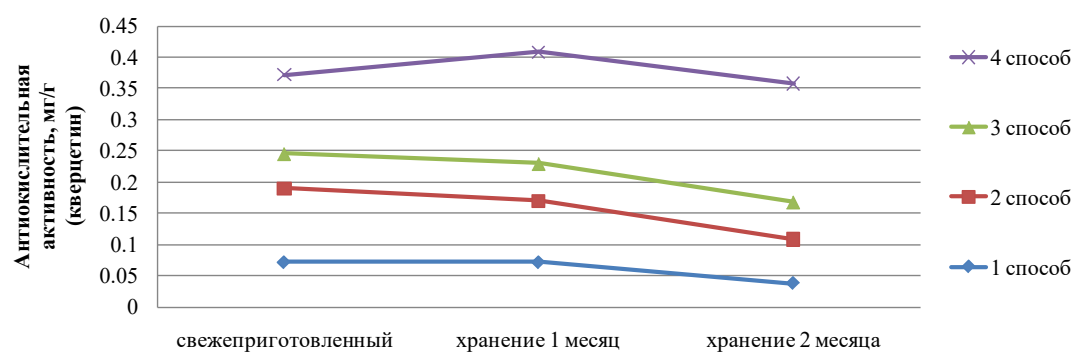


Рис. 3. Влияние сроков хранения на антиокислительную активность в водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами

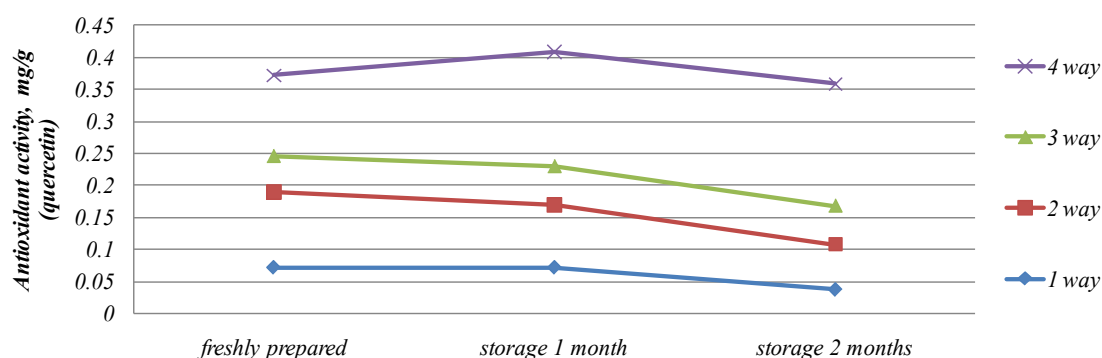


Fig. 3. Effect of storage time on antioxidant activity in aqueous extracts of propolis prepared in different ways

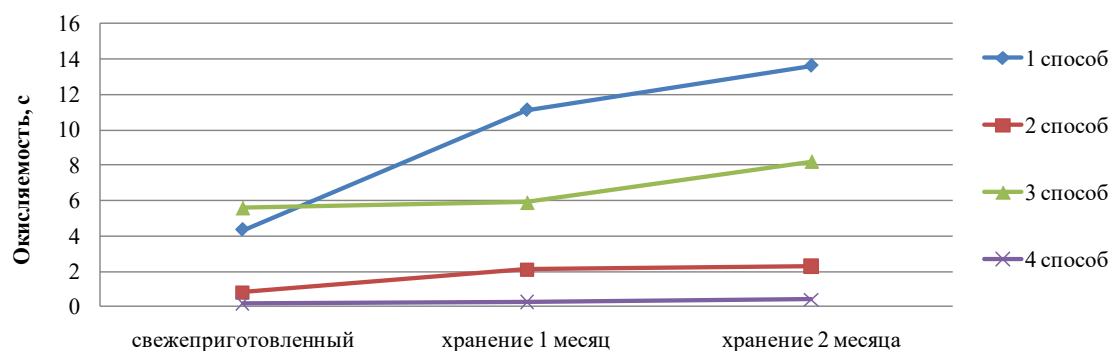


Рис. 4. Влияние сроков хранения на окисляемость в водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами

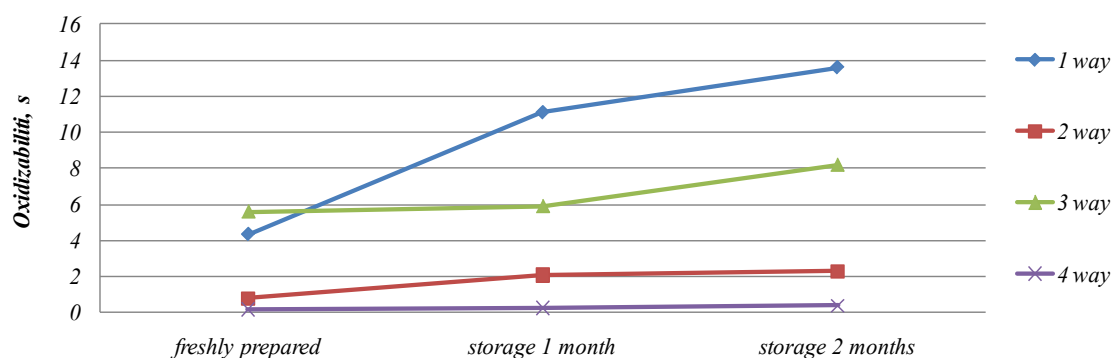


Fig. 4. Effect of storage time on oxidizability in aqueous propolis extracts prepared in different ways

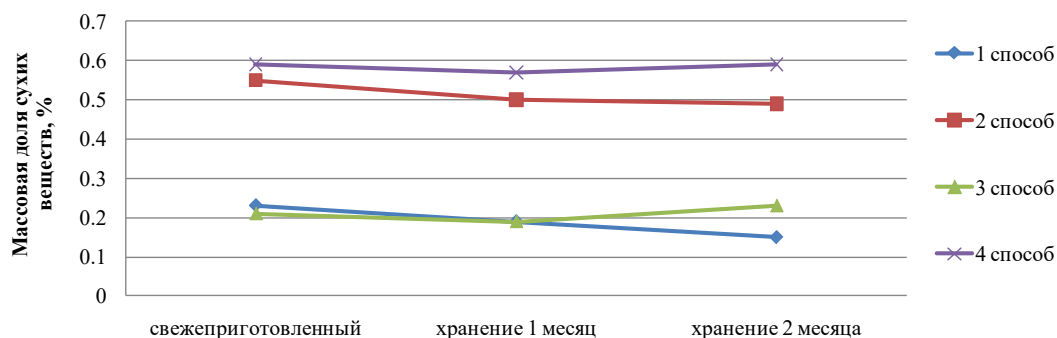


Рис. 5. Содержание сухих веществ в водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами

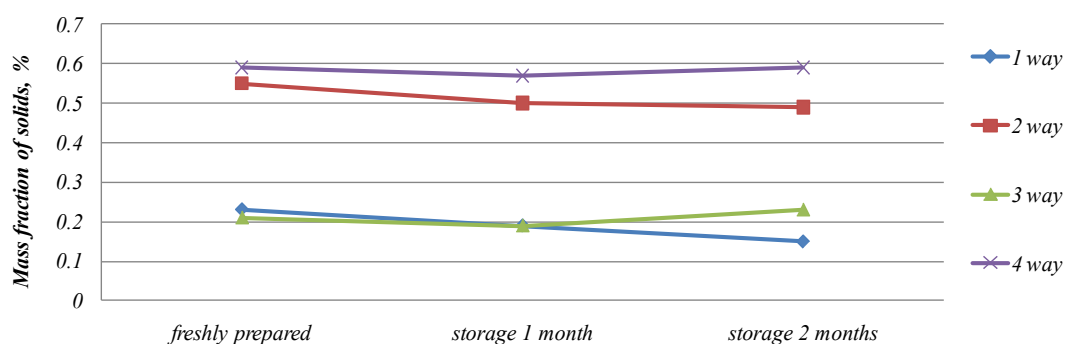


Fig. 5. The content of solids in aqueous extracts of propolis, prepared in different ways

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Сравнительный анализ перспективных технологий для получения экстрактов прополиса показал, что по содержанию флавоноидных соединений в пересчете на рутин (7,31 %) и содержанию общих флавоноидных и фенольных соединений (0,18 %) метод 2 (экстракция при $t = 93^\circ\text{C}$) оказался наиболее эффективным.

По содержанию сухих веществ ($0,59 \pm 0,03\%$), ненасыщенных соединений (окисляемость, $0,2 \pm 0,1\text{ с}$), веществ с восстановительными свойствами (анти-

окислительная активность $0,126 \pm 0,01\text{ мг/г}$) наиболее эффективным оказался 4-й способ экстрагирования ($t = 93^\circ\text{C}$, с применением ультразвука).

Наибольшую стабильность проявили водные экстракты прополиса, приготовленные 2-м и 4-м способами, при $t = 93^\circ\text{C}$ и при $t = 93^\circ\text{C}$ с применением ультразвука.

На основании проведенных исследований установлено, что способы экстрагирования, температура извлечения прополиса водой влияют на его качественные показатели и сроки хранения.

Библиографический список

1. Патент России № RU2170930 С1. Максимова Т. В. [и др.] [// Способ определения антиокислительной активности. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37868227> (дата обращения: 11.02.2022).
2. ГОСТ 56104-2014. Продукты пищевые органические. Термины и определения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113488> (дата обращения: 11.12.2021).
3. ГОСТ 33980-2016. Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141713> (дата обращения: 11.12.2021).
3. Ozdal T., Ceylan F. D., Eroglu N., Kaplan M., Olgun E. O., Capanoglu E. Investigation of antioxidant capacity, bioaccessibility and LC-MS/MS phenolic profile of Turkish propolis // Food Research International. 2019. T. 122. Pp. 528–536. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.05.028.
5. Castro C., Mura F., Valenzuela G., Figueroa C., Salinas R. M., Josep C. Z., Torres L., Fuguet E., Delporte C. Identification of phenolic compounds by HPLC-ESI-MS/MS and antioxidant activity from Chilean propolis // Food Research International. 2014. T. 64. Pp. 873–879. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.08.050.
6. Monroy Y. M. Rodney Rodrigues A. F., Marili Rodrigue V. N., Sant'Ana A. S., Beatriz B. S., Cabral F. A. Brazilian green propolis extracts obtained by conventional processes and by processes at high pressure with supercritical carbon dioxide, ethanol and water // The Journal of Supercritical Fluids. 2017. T. 130. Pp. 189–197. DOI: 10.1016/j.supflu.2017.08.006.

7. Asem N., Abdul G. N. A., Abd Hapit N. H., Omar E. A. Correlation between total phenolic and flavonoid contents with antioxidant activity of Malaysian stingless bee propolis extract // *Journal of Apicultural Research*. 2020. No. 59. Pp. 437–442. DOI: 10.1080/00218839.2019.1684050.
8. Bankova V., Bertelli D., Borba R. et al. Standard methods for *Apis mellifera* propolis research [e-resource] // *Journal of Apicultural Research*. 2019. T. 58. No. 2. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2016.1222661> (date of reference: 04.02.2022).
9. Khan S. A., Aslam R., Makroo H. A. High pressure extraction and its application in the extraction of bio-active compounds: A review [e-resource] // *Journal of Food Process Engineering*. 2019. T. 42. No. 1. Article number e12896. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.12896> (date of reference: 04.02.2022).
10. Taddeo V. A., Epifano F., Fiorito S., Genovese S. Comparison of different extraction methods and HPLC quantification of prenylated and unprenylated phenylpropanoids in raw Italian propolis [e-resource] // *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 2016. T. 129. Pp. 219–223. DOI: 10.1016/j.jpba.2016.07.006.
11. Oroian M., Ursachi F., Dranca F. Influence of ultrasonic amplitude, temperature, time and solvent concentration on bioactive compounds extraction from propolis [e-resource] // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. T. 64. Article number 105021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350417719318656> (date of reference: 07.02.2022).
12. Devequi-Nunes D., Machado B. A. S., de Abreu Barreto G., Silva J. R., da Silva D. F., da Rocha J. L. C., Brandão H. N., Borges V. M., Umsza-Guez M. A. Chemical characterization and biological activity of six different extracts of propolis through conventional methods and supercritical extraction [e-resource] // *PloS One*. 2018. T. 13 (12). Article number e0207676. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0207676> (date of reference: 08.02.2022).
13. Павлова Л. В., Платонов И. А., Новикова Е. А., Пудовкина С. А. Экстракция биологически активных соединений прополиса водой в субкритических условиях // *Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VIII Всероссийской конференции*. Барнаул, 2020. С. 88–89.
14. Bachevski D., Damevska K., Simeonovski V., Dimova M. Back to the basics: Propolis and COVID-19 [e-resource] // *Dermatologic Therapy*. 2020. T. 33 (4). Pp. 3–5. Article number e13780. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/dth.13780> (date of reference: 10.02.2022).
15. Berretta A. A., Silveira D. M. A., Córdor Capcha J. M., De Jong D. Propolis and its potential against SARS-CoV-2 infection mechanisms and COVID-19 disease [e-resource] // *Biomed. Pharm.* 2020. T. 131. Article number 110622. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332220308155> (date of reference: 02.02.2022).
16. Kowacz M., Pollack G. H. Propolis-induced exclusion of colloids: Possible new mechanism of biological action [e-resource] // *Colloid and interface science communications*. 2020. T. 38. Article number 100307. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221503822030087X> (date of reference: 07.02.2022).
17. Anjum S. I. Ullah A., Khan K. A., Attaullah M., Khan H., Ali H., Dash C. K. Composition and functional properties of propolis (bee glue) // *Saudi Journal of Biological Sciences* 2019: a review. T. 26. Pp. 1695–1703. URL: DOI: 10.1016/j.sjbs.2018.08.013.
18. Sforcin J. M. Biological properties and therapeutic applications of propolis. [e-resource] // *Phytherapy Research*. 2016. T. 30. Pp. 894–905.
19. Nichitoi M. M., Josceanu A. M., Isopescu R. D., Isopencu G. O., Geana E. I., Ciucure C. T., Lavric V. Polyphenolics profile effects upon the antioxidant and antimicrobial activity of propolis extracts [e-resource] // *Scientific Reports*. 2021. No. 11. Article number 20113. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34635677> (date of reference: 15.02.2022).
20. De Oliveira Reis J. H., de Abreu Barreto G., Cerqueira J. C., dos Anjos J. P., Andrade L. N., Padilha F. F., Druzian J. I., Machado B. A. S. Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction [e-resource] // *PloS One*. 2019. T. 14 (7). Article number e0219063. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0219063> (date of reference: 12.02.2022).
21. Яшин А. Я., Веденин А. Н., Яшин Я. И., Василевич Н. И. Антивирусные полифенолы-антиоксиданты: структура, пищевые источники и механизм действия // *Лаборатория и производство*. 2020. № 5. С. 76–86.
22. Корочкина П. С., Васильцова И. В. Антиоксидантный статус прополиса и пчелиного подмора // *Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвященный 80-летию Новосибирского ГАУ*. Новосибирск, 2016. С. 348–351.
23. Филиппов И. Н. Апитерапия против коронавирусной инфекции COVID-19 // *Современные проблемы пчеловодства и апитерапии: материалы Международной научно-практической конференции*. Рыбное, 2021. С. 471–473.

24. Поправко С. А. Применение продуктов пчеловодства в апитерапии // Современные проблемы пчеловодства и апитерапии: материалы Международной научно-практической конференции. Рыбное, 2021. С. 432–437.
25. Колесников В. А. Антиоксидантная активность продуктов пчеловодства в сравнении с синтетическими антиоксидантами при экспериментальной катаракте // Апитерапия сегодня: материалы XVIII Всероссийской научной конференции «Успехи апитерапии». Рыбное, 2016. С. 14–17.
26. Колесникова А. В., Колесников О. Ю. Итоги исследования эффективности апипродуктов в офтальмологии // Сборник научно-исследовательских работ по пчеловодству и апитерапии: сборник трудов конференции «Состояние и перспективы развития современного пчеловодства и апитерапии». Рыбное, 2018. С. 154–158.
27. Скуратовская И. В., Яковлев Д. А., Лантушенко А. О. Воздействие водного экстракта прополиса на клетки буккального эпителия человека при воспалительных заболеваниях ротовой полости // Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ-2017: материалы XII международной научно-технической конференции. Севастополь, 2017. С. 51–54.
28. Иващенко М. Н., Куимов И. А., Гущин В. А. Влияние прополиса на ядерные структуры клеток буккального эпителия при курении // Аписфера: научные достижения в пчеловодстве и апитерапии: сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2019. С. 40–42.
29. Zulhendri F., Chandrasekaran K., Kowacz M., Ravalía M., Kripal K., Fearnley J., Perera C. O. Antiviral, Antibacterial, Antifungal, and Antiparasitic Properties of Propolis: A Review [e-resource] // Foods. 2021. T. 10 (6). Article number 1360. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/6/1360> (date of reference: 12.02.2022).

Об авторах:

Елена Александровна Вахонина¹, старший научный сотрудник по направлению химико-биологических исследований продуктов пчеловодства, ORCID 0000-0002-8159-5856, AuthorID 286477; +7 910 500-75-72, landych899@gmail.com

Finding the optimal method of extracting propolis with water

E. A. Vakhonina¹✉

¹Federal Scientific Center for Beekeeping, Rybnoye, Russia

✉E-mail: landych899@gmail.ru

Abstract. In the course of the study, an updated database of the content of biologically active substances in aqueous extracts of propolis prepared at different temperatures and in different ways is presented. **The purpose** of the work was to select the optimal modes of preparation of aqueous propolis extracts, to determine the content of biologically active substances in freshly prepared propolis extracts and during storage. The studies were carried out in the laboratory of the Federal State Budgetary Scientific Institution “FNC of beekeeping”. **The relevance** of the work lies in the development of methods for extracting aqueous extracts of propolis at different temperatures ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$), the use of ultrasound. **Scientific novelty** for the first time biologically active substances were determined by the method of determining antioxidant activity. **Methods.** The yield of extractives (mass fraction of solids) was determined by drying to constant weight according to GOST 28886-90. Determination of unsaturated compounds was performed according to GOST 28886-90. The determination of the hydrogen index (pH) was performed according to the Pharmacopoeia (1987) in our modification GOST 28886-90. Determination of flavonoid and other phenolic compounds was performed by photometry, according to GOST 28886-90 (total flavonoid compounds). Determination of flavan, flavanones, flavonols was carried out according to the method presented in the “Guidelines for methods of quality control and safety of biologically active food supplements” R 4.1.1672-0, 2004 in terms of routine. The antioxidant activity of propolis aqueous extracts was assessed by a method based on the reaction of KMnO_4 in the presence of $0.24\text{ M H}_2\text{SO}_4$ with the studied propolis solution, followed by conversion to quercetin in 1 ml or 1 g of the drug (patent 2170930). **Results.** The amount of solids during storage in the aqueous extract of propolis (method 1) decreased from 0.23 to 0.15 %; in an aqueous extract prepared using ultrasound (method 3) increased from 0.21 % to 0.23 %. The amount of solids in propolis aqueous extracts prepared by methods 2 and 4 decreased during storage from 0.55 to 0.49 % (method 2) and from 0.6 to 0.59 % (method 4).

Keywords: propolis, water extract of propolis, flavonoid compounds, dry matter, pH value, antioxidant activity.

For citation: Vakhonina E. A. Poisk optimal'nogo sposoba ekstraktsii propolisa vodoy [Finding the optimal method of extracting propolis with water] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (219). Pp. 48–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-48-59. (In Russian.)

Date of paper submission: 22.02.2022, **date of review:** 03.03.2022, **date of acceptance:** 11.03.2022.

References

1. Patent Rossii RF № RU2170930 C1. Maksimova T. V. [i dr.]. Spособ opredeleniya antiokislitel'noy aktivnosti [Russian Patent No. RU2170930 C1. Maksimova T. V. et al. Method for determining antioxidant activity] [e-resource]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37868227> (date of reference: 11.02.2022). (In Russian.)
3. GOST 33980-2016. Produktsiya organicheskogo proizvodstva. Pravila proizvodstva, pererabotki, markirovki i realizatsii [GOST 33980-2016. Organic products. Rules for production, processing, labeling and sale] [e-resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141713> (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)
2. GOST 56104-2014. Produkty pishchevyye organicheskiye. Terminy i opredeleniya [GOST 56104-2014. Organic food products. Terms and definitions] [e-resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113488> (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)
3. GOST 33980-2016. Produktsiya organicheskogo proizvodstva. Pravila proizvodstva, pererabotki, markirovki i realizatsii [GOST 33980-2016. Organic products. Rules for production, processing, labeling and sale] [e-resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141713> (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)
4. Ozdal T., Ceylan F. D., Eroglu N., Kaplan M., Olgun E. O., Capanoglu E. Investigation of antioxidant capacity, bioaccessibility and LC-MS/MS phenolic profile of Turkish propolis // Food Research International. 2019. T. 122. Pp. 528–536. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.05.028.
5. Castro C., Mura F., Valenzuela G., Figueroa C., Salinas R. M., Josep C. Z., Torres L., Fuguet E., Delporte C. Identification of phenolic compounds by HPLC-ESI-MS/MS and antioxidant activity from Chilean propolis // Food Research International. 2014. T. 64. Pp. 873–879. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.08.050.
6. Monroy Y. M., Rodney Rodrigues A. F., Marili Rodrigue V. N., Sant'Ana A. S., Beatriz B. S., Cabral F. A. Brazilian green propolis extracts obtained by conventional processes and by processes at high pressure with supercritical carbon dioxide, ethanol and water // The Journal of Supercritical Fluids. 2017. T. 130. Pp. 189–197. DOI: 10.1016/j.supflu.2017.08.006.
7. Asem N., Abdul G. N. A., Abd Hapit N. H., Omar E. A. Correlation between total phenolic and flavonoid contents with antioxidant activity of Malaysian stingless bee propolis extract // Journal of Apicultural Research. 2020. No. 59. Pp. 437–442. DOI: 10.1080/00218839.2019.1684050.
8. Bankova V., Bertelli D., Borba R. et al. Standard methods for Apis mellifera propolis research [e-resource] // Journal of Apicultural Research. 2019. T. 58. No. 2. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2016.1222661> (date of reference: 04.02.2022).
9. Khan S. A., Aslam R., Makroo H. A. High pressure extraction and its application in the extraction of bio-active compounds: A review [e-resource] // Journal of Food Process Engineering. 2019. T. 42. No. 1. Article number e12896. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.12896> (date of reference: 04.02.2022).
10. Taddeo V. A., Epifano F., Fiorito S., Genovese S. Comparison of different extraction methods and HPLC quantification of prenylated and unprenylated phenylpropanoids in raw Italian propolis [e-resource] // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 2016. T. 129. Pp. 219–223. DOI: 10.1016/j.jpba.2016.07.006.
11. Oroian M., Ursachi F., Dranca F. Influence of ultrasonic amplitude, temperature, time and solvent concentration on bioactive compounds extraction from propolis [e-resource] // Ultrasonics Sonochemistry. 2020. T. 64. Article number 105021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350417719318656> (date of reference: 07.02.2022).
12. Devequi-Nunes D., Machado B. A. S., de Abreu Barreto G., Silva J. R., da Silva D. F., da Rocha J. L. C., Brandão H. N., Borges V. M., Umsza-Guez M. A. Chemical characterization and biological activity of six different extracts of propolis through conventional methods and supercritical extraction [e-resource] // PloS One. 2018. T. 13 (12). Article number e0207676. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0207676> (date of reference: 08.02.2022).
13. Pavlova L. V., Platonov I. A., Novikova E. A., Pudovkina S. A. Ekstraktsiya biologicheskii aktivnykh soyedineniy propolisa vodoy v subkriticheskikh usloviyakh [Extraction of biologically active compounds of propolis with water under subcritical conditions] // Novyye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya: materialy VIII Vserossiyskoy konferentsii. Barnaul, 2020. Pp. 88–89. (In Russian.)
14. Bachevski D., Damevska K., Simeonovski V., Dimova M. Back to the basics: Propolis and COVID-19 [e-resource] // Dermatologic Therapy. 2020. T. 33 (4). Pp. 3–5. Article number e13780. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/dth.13780> (date of reference: 10.02.2022).
15. Berretta A. A., Silveira D. M. A., Córdor Capcha J. M., De Jong D. Propolis and its potential against SARS-CoV-2 infection mechanisms and COVID-19 disease [e-resource] // Biomed. Pharm. 2020. T. 131. Article

number 110622. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332220308155> (date of reference: 02.02.2022).

16. Kowacz M., Pollack G. H. Propolis-induced exclusion of colloids: Possible new mechanism of biological action [e-resource] // Colloid and interface science communications. 2020. T. 38. Article number 100307. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221503822030087X> (date of reference: 07.02.2022).

17. Anjum S. I. Ullah A., Khan K. A., Attaullah M., Khan H., Ali H., Dash C. K. Composition and functional properties of propolis (bee glue) // Saudi Journal of Biological Sciences 2019: a review. T. 26. Pp. 1695–1703. URL: DOI: 10.1016/j.sjbs.2018.08.013.

18. Sforcin J. M. Biological properties and therapeutic applications of propolis. [e-resource] // Phytherapy Research. 2016. T. 30. Pp. 894–905.

19. Nichitai M. M., Josceanu A. M., Isopescu R. D., Isopescu G. O., Geana E. I., Ciucure C. T., Lavric V. Polyphenolics profile effects upon the antioxidant and antimicrobial activity of propolis extracts [e-resource] // Scientific Reports. 2021. No. 11. Article number 20113. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34635677> (date of reference: 15.02.2022).

20. De Oliveira Reis J. H., de Abreu Barreto G., Cerqueira J. C., dos Anjos J. P., Andrade L. N., Padilha F. F., Druzian J. I., Machado B. A. S. Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction [e-resource] // PloS One. 2019. T. 14 (7). Article number e0219063. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0219063>

21. Yashin A. Ya., Vedenin A. N., Yashin Ya. I., Vasilevich N. I. Antivirusnyye polifenoly-antioksidanty: struktura, pishchevyye istochniki i mekhanizm deystviya [Antiviral antioxidant polyphenols: structure, dietary sources, and mechanism of action] // Laboratory and Production. 2020. No. 5. Pp. 76–86. (In Russian.)

22. Korochkina P. S., Vasil'tsova I. V. Antioksidantnyy status propolisa i pchelinogo podmora [Antioxidant status of propolis and dead bees] // Aktual'nyye problemy agropromyshlennogo kompleksa: sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley, studentov, magistrantov i aspirantov, posvyashchenny 80-letiyu Novosibirskogo GAU. Novosibirsk, 2016. Pp. 348–351. (In Russian.)

23. Filippov I. N. Apiterapiya protiv koronavirusnoy infektsii COVID-19 [Apitherapy against coronavirus infection COVID-19] // Sovremennyye problemy pchelovodstva i apiterapii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Rybnoe, 2021. Pp. 471–473. (In Russian.)

24. Popravko S. A. Primeneniye produktov pchelovodstva v apiterapii [The use of bee products in apitherapy] // Sovremennyye problemy pchelovodstva i apiterapii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Rybnoe, 2021. Pp. 432–437. (In Russian.)

25. Kolesnikov V. A. Antioksidantnaya aktivnost' produktov pchelovodstva v sravnenii s sinteticheskimi antioksidantami pri eksperimental'noy katarakte [Antioxidant activity of bee products in comparison with synthetic antioxidants in experimental cataract] // Apiterapiya segodnya: materialy XVIII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii "Uspekhi apiterapii". Rybnoe, 2016. Pp. 14–17. (In Russian.)

26. Kolesnikova A. V., Kolesnikov O. Yu. Itogi issledovaniya effektivnosti apiproduktov v oftal'mologii [Results of study of the effectiveness of apiproduktov in ophthalmology] // Sbornik nauchno-issledovatel'skikh rabot po pchelovodstvu i apiterapii: sbornik trudov konferentsii "Sostoyaniye i perspektivy razvitiya sovremennogo pchelovodstva i apiterapii". Rybnoe, 2018. Pp. 154–158. (In Russian.)

27. Skuratovskaya I. V., Yakovlev D. A., Lantushenko A. O. Vozdeystviye vodnogo ekstrakta propolisa na kletki bukkal'nogo epiteliya cheloveka pri vospalitel'nykh zabolevaniyakh rotovoy polosti [Effects of aqueous propolis extract in human buccal epithelium cells in inflammatory diseases of the oral cavity] // Aktual'nyye voprosy biologicheskoy fiziki i khimii. BFFKH-2017: materialy XII mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Sevastopol, 2017. Pp. 51–54. (In Russian.)

28. Ivashchenko M. N., Kuimov I. A., Gushchin V. A. Vliyaniye propolisa na yadernyye struktury kletok bukkal'nogo epiteliya pri kurenii [The effect of propolis on the nuclear structures of buccal epithelial cells during smoking] // Apisfera: nauchnyye dostizheniya v pchelovodstve i apiterapii" sbornik statey I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nizhniy Novgorod, 2019. Pp. 40–42. (In Russian.)

29. Zulhendri F., Chandrasekaran K., Kowacz M., Ravalia M., Kripal K., Fearnley J., Perera C. O. Antiviral, Antibacterial, Antifungal, and Antiparasitic Properties of Propolis: A Review [e-resource] // Foods. 2021. T. 10 (6). Article number 1360. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/6/1360> (date of reference: 12.02.2022).

Authors' information:

Elena A. Vakhonina¹, senior researcher for chemical and biological research of beekeeping products, ORCID 0000-0002-8159-5856, AuthorID 286477; +7 910 500-75-72, landych899@gmail.com

¹ Federal Scientific Center for Beekeeping, Rybnoye, Russia

Сравнительная оценка голштинских быков-производителей разной селекции по продуктивным качествам дочерей

О. В. Горелик¹✉, О. П. Неверова¹, А. С. Горелик², А. М. Нусупов³

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург, Россия

³ Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Нур-Султан, Республика Казахстан

✉ E-mail: olgao205en@yandex.ru

Аннотация. Цель настоящего исследования – сравнительная оценка продуктивных качеств коров-дочерей голштинских быков-производителей разной селекции. **Методы.** Молочная продуктивность оценивалась методом контрольных доек, качественные показатели молока – приборным методом на приборе «Лактан-1М», воспроизводительные качества – по общепринятым методикам. **Результаты.** Возраст первого осеменения оказал влияние на возраст первого плодотворного осеменения и первого отела. Раньше на 6–9 месяцев прошел отел у телок, полученных от быков российской и голландской селекции, – Аляски и Дэвиса. Живая масса ремонтных телок при первом осеменении была практически одинаковой. Более высокая живая масса первого осеменения была у телок-дочерей быков Аврора и Релайбл. Более низкой продуктивностью отличались коровы-дочери быков-производителей Авроры (канадской селекции) и Аляска (отечественной селекции). Они имели удои за 305 дней лактации и за всю первую лактацию ниже, чем у дочерей быков-производителей нидерландской и американской селекции – Дэвиса и Релайбла. Продуктивное долголетие коров-дочерей всех оцениваемых быков-производителей чуть более одной лактации: 1,0 (бык Аляска) – 1,3 лактации (бык Аврора). По МДЖ и МДБ в молоке лучшими показателями отличалось молоко дочерей быка-производителя Дэвиса голландской селекции. МДЖ в молоке у них была выше на 0,02–0,18 %, МДБ – на 0,19–0,22 %. Длительность сервис-периода составляет от 101 дня (Аляска) до 157 дней (Дэвис). Коэффициент воспроизводительной способности коров во всех группах коров-дочерей был ниже оптимального 0,95, что говорит о проблемах с воспроизводством в группах дочерей голштинских быков-производителей разной селекции. Более высокие показатели КВС оказались у дочерей быка отечественной селекции Аляска, а самые низкие – в группе дочерей быка Дэвиса голландской селекции. **Научная новизна** работы заключается в том, что проведена комплексная оценка хозяйственно полезных качеств дочерей голштинских быков-производителей разной селекции и определено их дальнейшее использование.

Ключевые слова: голштинизированный черно-пестрый скот, быки-производители, коровы, удои, сервис-период, долголетие.

Для цитирования: Горелик О. В., Неверова О. П., Горелик А. С., Нусупов А. М. Сравнительная оценка голштинских быков-производителей разной селекции по продуктивным качествам дочерей // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 60–72. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-60-72.

Дата поступления статьи: 06.12.2021, **дата рецензирования:** 23.12.2021, **дата принятия:** 31.01.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Увеличение производства полноценных продуктов питания собственного производства, в том числе животного происхождения, необходимо для обеспечения продовольственной безопасности страны и для обеспечения населения страны питательными веществами. Возможно это в основном за счет повышения продуктивности сельскохозяйственных

животных и улучшения их племенных качеств [1, с. 77; 2, с. 21; 3, с. 36; 4, с. 213; 5, с. 90]. Молоко – ценный продукт питания и сырье для молокоперерабатывающей продукции, которое в основном получают от крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, а именно молочных пород как отечественной, так и зарубежной селекции. Наибольший удельный вес по поголовью занимает

отечественная черно-пестрая порода, на втором месте – голштинская [6, с. 716; 7, с. 587; 8, с. 086; 9, с. 292; 10, с. 512]. Это родственные породы, поскольку ведут свое происхождение от голландского скота. Голштинская порода является самой обильномолочной породой в мире, и повсеместное длительное использование генофонда быков-производителей голштинской породы на маточном поголовье черно-пестрого скота уральского отродья способствовало созданию в Свердловской области нового высокопродуктивного типа молочного черно-пестрого скота – уральского [11; 12, с. 37; 13, с. 2]. В настоящее время продолжается скрещивание маточного поголовья голштинизированной черно-пестрой породы, в том числе уральского типа, с чистопородными голштинскими быками как отечественной, так и зарубежной селекции [14, с. 11; 15, с. 3; 16, с. 427; 17, с. 12; 18–22]. В связи с продолжающимся повышением кровности по голштинской породе в стадах черно-пестрой породы сокращается генетическое разнообразие животных, что ставит вопрос о повышающемся значении быков-производителей при работе над дальнейшим совершенствованием породы по продуктивным качествам [23; 24]. Сравнительная оценка продуктивных качеств дочерей быков-производителей разной селекции актуальна и имеет практическое значение.

Целью работы явилась сравнительная оценка продуктивных качеств коров-дочерей голштинских быков-производителей разной селекции для определения дальнейшего их использования для даль-

нейшего совершенствования стада по продуктивным качествам.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в одном из племенных репродукторов Свердловской области по разведению голштинизированного черно-пестрого скота уральского типа.

Объектом исследований являются голштинские быки-производители разной селекции и их дочери.

Материалом для сравнения служила база ИАС «СЕЛЭКС-Молочный скот» за 2019–2020 гг., результаты собственных исследований. Учитывались удои за 305 дней лактации первой лактации и за всю лактацию, МДЖ и МДБ в молоке. Рассчитывали прогнозируемый удои по полновозрастной лактации для проведения сравнения с продуктивностью матери быка-производителя и длительность продуктивного долголетия. Молочная продуктивность оценивалась методом контрольных доек 1 раз в месяц. Воспроизводительные качества дочерей учитывали по длительности межотельного и сервис-периодов; возрасту и живой массе при первом и первом плодотворном осеменении, кратности осеменения и коэффициенту воспроизводительной способности (КВС). Было проведено сравнение четырех быков-производителей по продуктивности дочерей: бык-производитель Аврора (страна происхождения – Канада); бык-производитель Аляска (Россия); бык-производитель Дэвис (Нидерланды) и бык-производитель Релайбл (США). Количество дочерей в группах было от 23 (Аляска) до 55 голов (Дэвис).

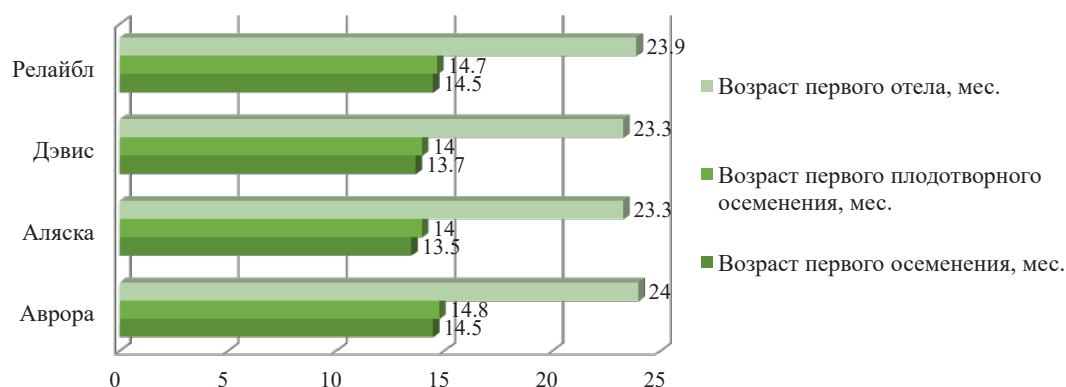


Рис. 1. Возраст первого осеменения и отела ремонтных телок, мес.

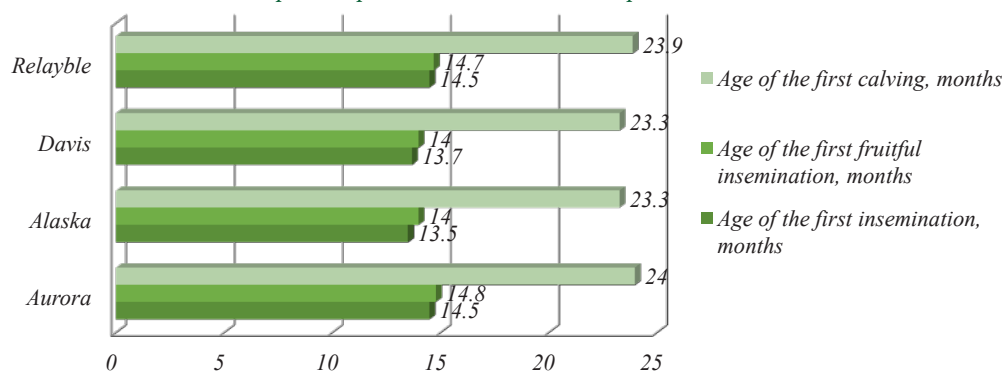


Fig. 1. Age of the first insemination and calving of repair heifers, months

Результаты (Results)

Оценка племенного животного проводится в течение всей жизни. Первая оценка (по генотипу) может быть проведена еще до его появления на основании племенной ценности родителей. В племенных хозяйствах ее проводят на этапе подбора быков-производителей для планирования получения приплода с определенными продуктивными и племенными качествами. После рождения молодняк оценивается по росту и развитию, а также экстерьерным показателям. Одним из периодов оценки роста ремонтных телок является возраст телок при первом осеменении, когда они достигают достаточной для осеменения живой массы. Здесь было замечание, оно пропало.

Нами был проведен анализ по сравнительной оценке возраста и живой массы ремонтных телок быков-производителей голштинской породы разной селекции. В его результате установлено, что телки от быков-производителей канадской и американской селекции (быки Аврора и Релейбл) по росту несколько отставали от телок – дочерей быков-производителей российской и нидерландской селекции (быки Аляска и Дэвис), поэтому возраст первого и первого плодотворного осеменения у них был выше (рис. 1).

Возраст первого осеменения оказал влияние на возраст первого плодотворного осеменения и первого отела. Раньше на 6–9 месяцев прошел отел у телок, полученных от быков российской и голландской селекции.

Вторым показателем готовности ремонтных телок к осеменению является их живая масса. Она должна быть не менее 75 % от живой массы взрослого животного. Считается, что достижение таких показателей позволяет говорить о физиологической готовности ремонтных телок к появлению жизнеспособного приплода и вскармливанию потомства. Голштинские животные имеют высокую живую массу. Полновозрастные коровы, используемые в хозяйстве, отличаются крупностью и имеют живую массу до 650 кг. Исходя из рекомендуемых норм живая масса ремонтных телок при первом осеменении должна быть 470–480 кг. В хозяйстве масса телок при первом плодотворном осеменении не превышает 445 кг, или 65–70 % от живой массы полновозрастной коровы (рис. 2).

Живая масса ремонтных телок при первом осеменении была практически одинаковой. Разница по быкам-производителям составляла от 1 до 7 кг, или 0,2–1,7 %, и была недостоверна. Однако, чем меньше она оказалась при осеменении, тем меньше была и при первом отеле. Более высокая живая масса первого осеменения была у телок-дочерей быков Аврора и Релейбл (канадской и американской селекции), дочери быков отечественной и голландской селекции по живой массе уступали первым. Таким образом, селекция быка-производителя оказывает влияние на массу и возраст первого осеменения, но, так как разница недостоверна, можно говорить лишь о положительной тенденции влияния селекции на качество ремонтного молодняка, его весового роста.

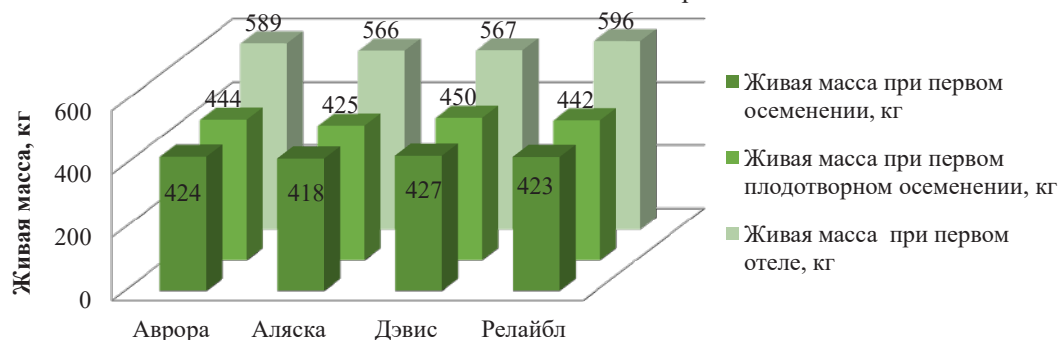


Рис. 2. Живая масса ремонтных телок при первом осеменении и первом отеле, кг

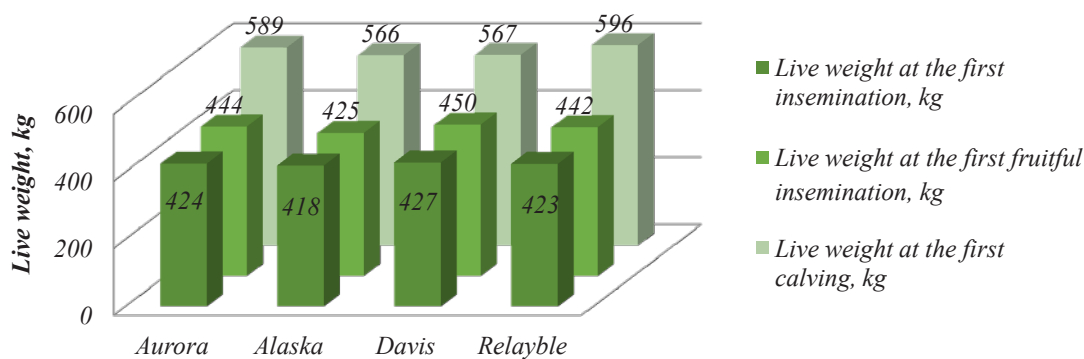


Fig. 2. Live weight of repair heifers at the first insemination and the first calving, kg

Основные селекционные признаки при разведении крупного рогатого скота молочного направления продуктивности – удой за лактацию и качественные показатели молока – МДЖ и МДБ в молоке. При определении класса животного в племенном отношении учитывают и выход молочного жира с молоком за лактацию, который является определяющим при оценке собственной продуктивности коровы. Молочная продуктивность коров оценивается по удою за разные периоды длительности продуктивности коров – 305 дней, за всю лактацию, за весь период использования и т. д. (рис. 3).

На рис. 3 хорошо видно, что удой за всю лактацию оказался больше, чем за 305 дней. Более низкой продуктивностью отличались коровы-дочери быков-производителей Аврора (канадской селекции) и Аляска (отечественной селекции). Они имели удои за 305 дней лактации и за всю первую лактацию ниже, чем у дочерей быков-производителей нидерландской и американской селекции – Дэвиса и Релайбла. Прогнозируемый удой за третью лактацию у них также ниже, чем у дочерей других быков-производителей.

Пожизненный удой устанавливается после выбытия коровы из стада и увеличивается в зависимости от длительности продуктивного периода. На

рис. 3 видно, что у оцениваемых дочерей быков-производителей разной селекции пожизненный удой оказался ниже прогнозируемого удою за полную лактацию, за исключением дочерей быка канадской селекции Аврора, но выше удою за первую лактацию. У дочерей быка отечественной селекции Аляска пожизненный удой равнялся удою за первую лактацию, то есть они выбыли после первой лактации.

По пожизненному удою можно судить и о продуктивном долголетии коров (рис. 4).

Результаты пожизненного удою показывают, что длительность использования дочерей оцениваемых быков-производителей очень низкая и они не доживают до половозрелой лактации.

Установлено, что продуктивное долголетие коров-дочерей всех оцениваемых быков-производителей чуть более одной лактации. Это, по нашему мнению, объясняется интенсивным выращиванием ремонтных телок и ранними сроками их осеменения в 14 с небольшим месяцев и не менее интенсивным использованием в первую лактацию. Уровень молокообразования у дочерей быков-производителей настолько высок, что они уже не могут восстановиться к следующей лактации, и их выбраковывают.

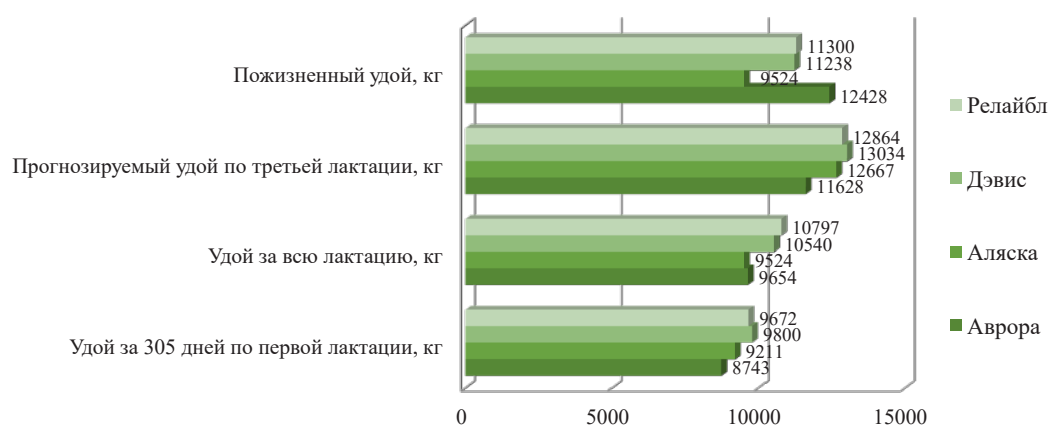


Рис. 3. Молочная продуктивность коров по периодам лактационной деятельности, кг

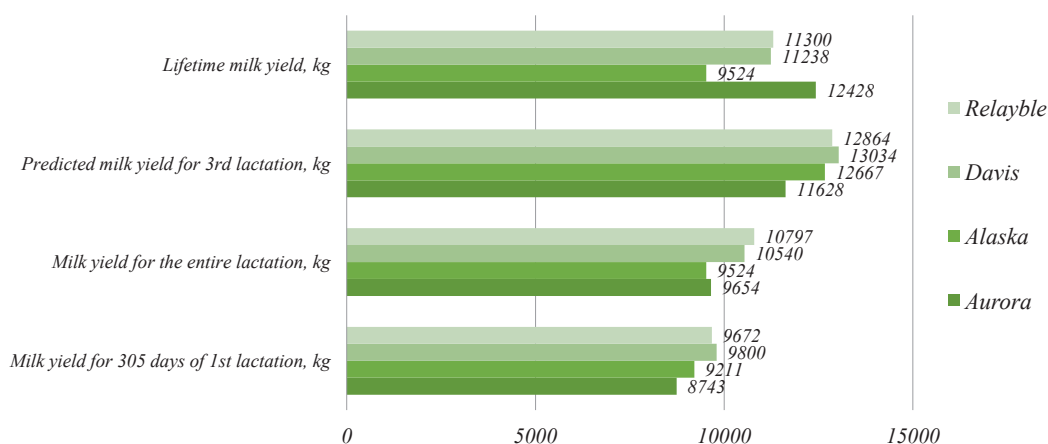


Fig. 3. Dairy productivity of cows by periods of lactation activity, kg

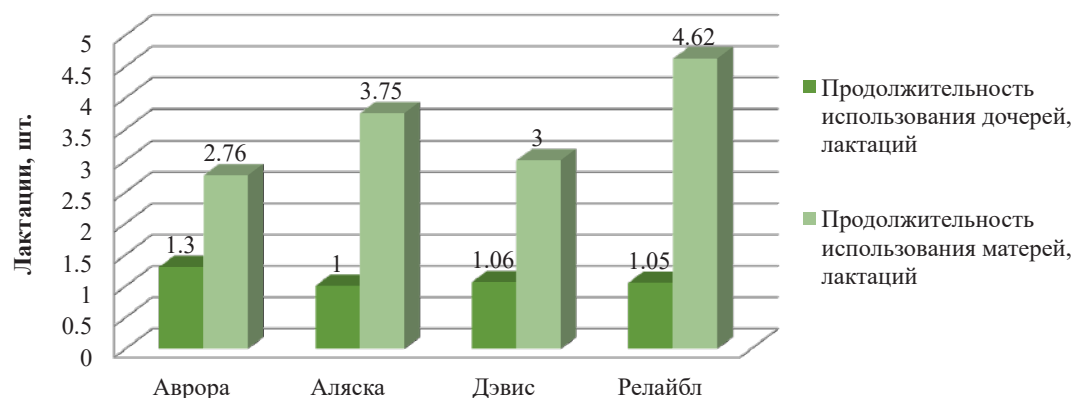


Рис. 4. Продолжительность продуктивного долголетия, лактаций

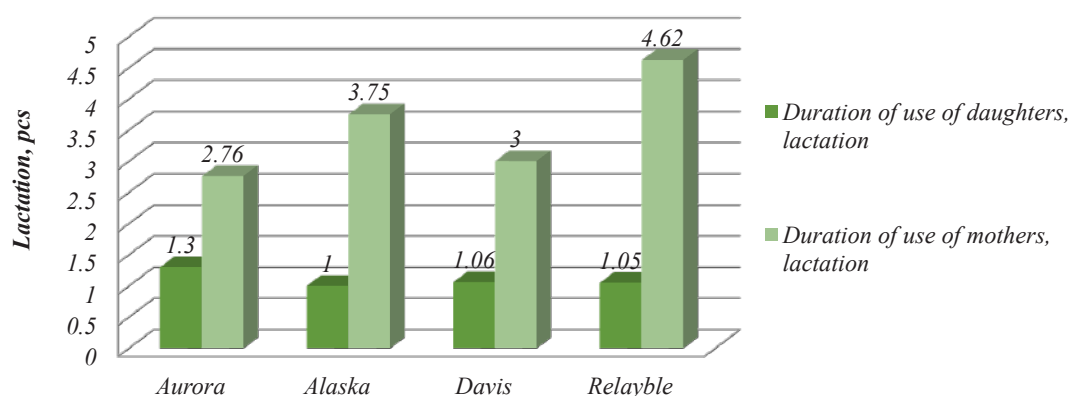


Fig. 4. Duration of productive longevity, lactations

Нужно отметить, что продуктивное долголетие матерей коров-первотелок выше, чем у самих первотелок, и составляет от 2,76 до 4,62 лактации. Это говорит о том, что потенциал продуктивного долголетия у дочерей голштинских быков-производителей, которые участвуют в оценке, должен быть не менее 2–2,5 лактации. Таким образом, снижение продуктивного долголетия дочерей быков-производителей объясняется, вероятнее всего, во-первых, продуктивным долголетием матерей самих быков-производителей и условиями содержания и кормления, созданными для лактационной деятельности животных.

Нами был проведен сравнительный анализ удоя за лактацию коров-дочерей быков-производителей разной селекции и их матерей.

Племенная ценность дочерей быков-производителей более высокая, чем их матерей, поскольку прогнозируемый у дочерей удой за полновозрастную лактацию выше, чем удой у матерей быков-производителей (рис. 5).

Генетический потенциал молочной продуктивности дочерей быков-производителей очень высок, что показывает прогноз продуктивности дочерей по третьей лактации. Продуктивность матерей представлена также по третьей лактации. Наиболее низкие показатели по прогнозируемому удою дочерей оказались в группе от быка Аврора канадской се-

лекции. К сожалению, таких показателей дочери не достигли, так как выбыли из стада раньше.

По МДЖ и МДБ в молоке лучшими показателями отличалось молоко дочерей быка-производителя Дэвиса нидерландской селекции. МДЖ в молоке у них была выше на 0,02–0,18 %, МДБ – на 0,19–0,22 %. Высокие показатели МДЖ и МДБ в молоке оказали влияние на выход питательных веществ, и он оказался выше также в группе коров-дочерей быка Дэвиса (рис. 6).

Выход питательных веществ с молоком определяется двумя показателями – удоем и МДЖ, МДБ в молоке. От дочерей быка Дэвиса получено более 10 000 молока за лактацию с МДЖ в молоке 3,97 и МДБ в молоке 3,42 %. Это позволило получить за лактацию 1113 кг молочного белка и молочного жира. Больше всего молока (10 797 кг) было получено от коров-дочерей быка Релейбла американской селекции, но с меньшими показателями МДЖ (3,84 %) и МДБ (3,23 %), и это сказалось на выходе молочного жира и белка с молоком. Он был ниже на 110 кг, или на 9,9 %.

Таким образом, селекция быка-производителя оказывает влияние на молочную продуктивность дочерей. Лучшими продуктивными качествами обладают дочери быков-производителей голландской и американской селекции.

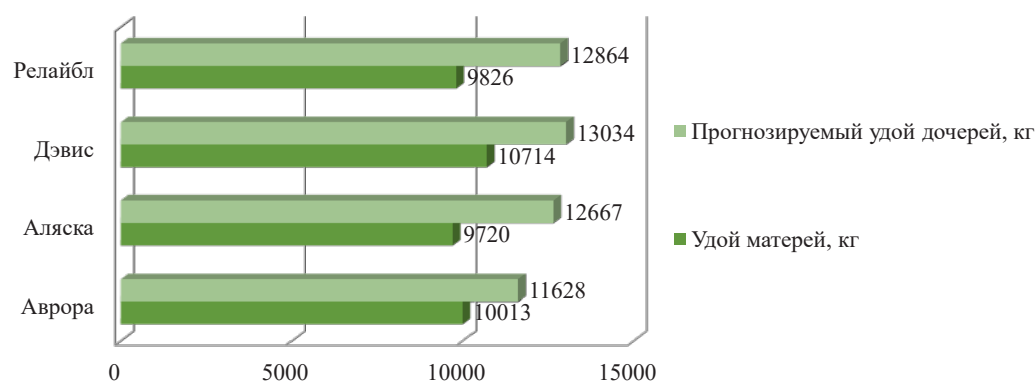


Рис. 5. Удой за 305 дней третьей лактации дочерей и матерей быков-производителей, кг

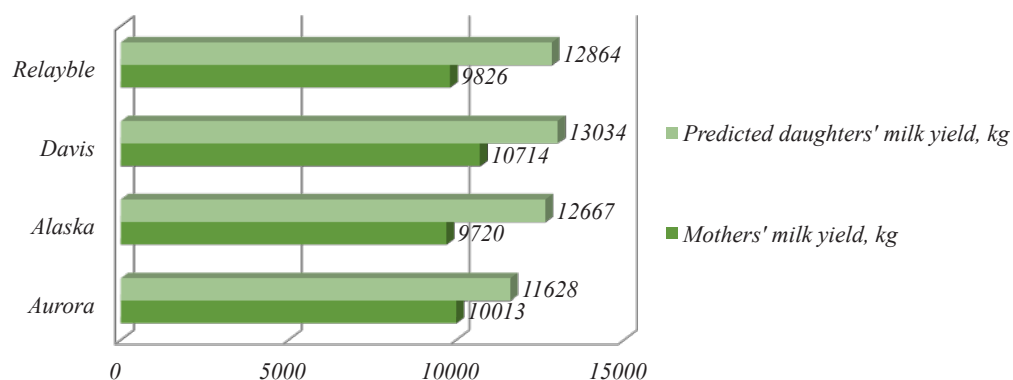


Fig. 5. Milk yield for 305 days of 3rd lactation of daughters and mothers of bulls, kg

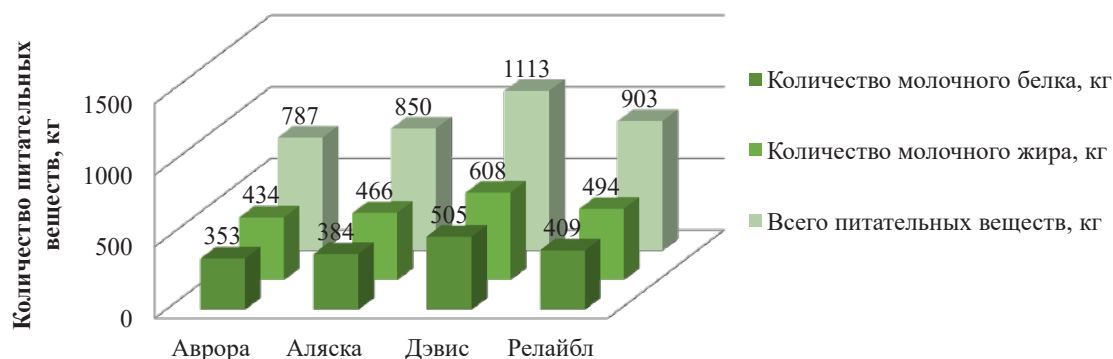


Рис. 6. Выход молочного жира и молочного белка с молоком, кг

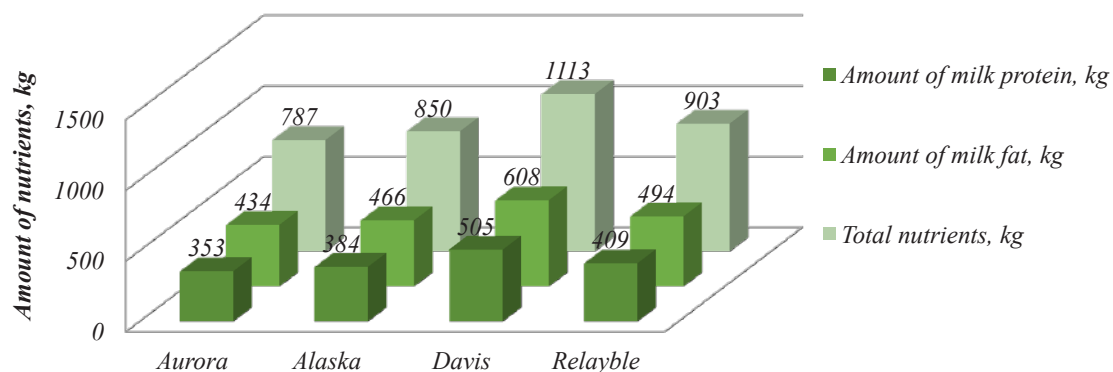


Fig. 6. Yield of milk fat and milk protein with milk, kg

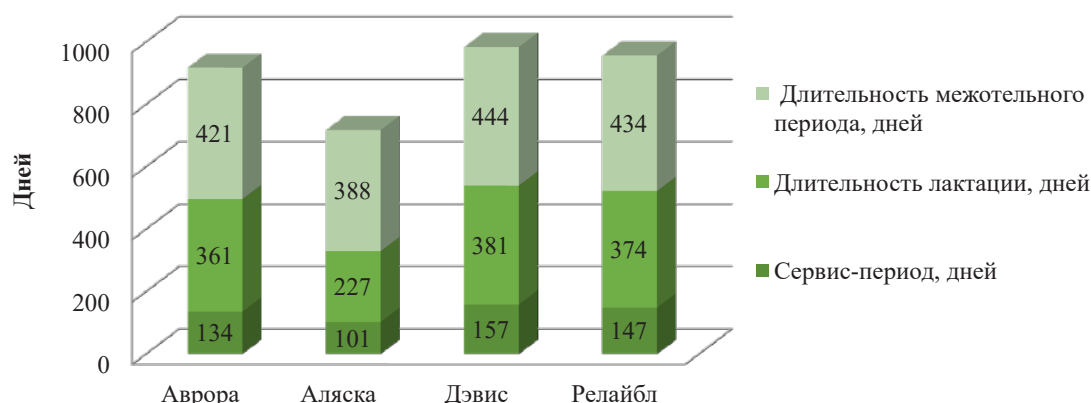


Рис. 7. Длительность физиологических циклов использования коров, дней

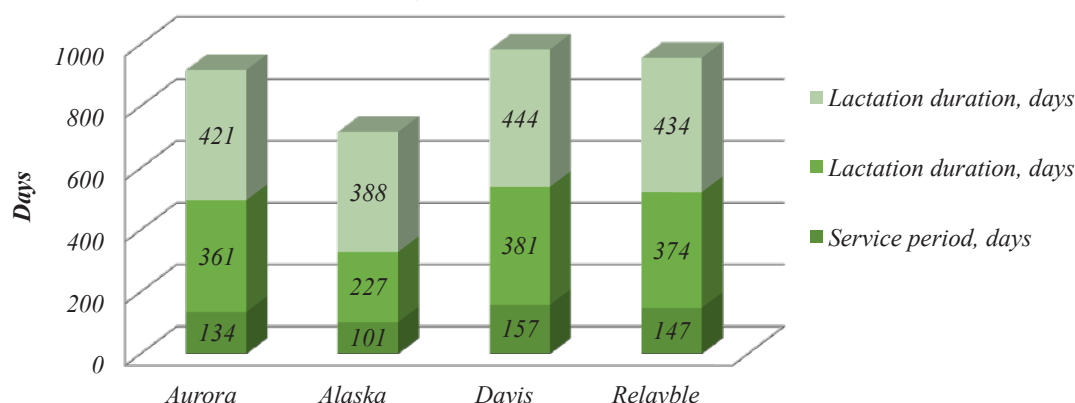


Fig. 7. Duration of physiological cycles of use of cows, days

Повышение продуктивных качеств коров сопровождается снижением их воспроизводительных функций, что отрицательно сказывается на совершенствовании маточного поголовья стада и рентабельности отрасли. Связано это с недостаточным количеством ремонтного молодняка для обновления стада и сокращением продуктивного долголетия коров. Снижение воспроизводительных функций маточного поголовья связывают с доминантой продуктивности, однако следует отметить и влияние наследственных качеств самих животных, связанных с наличием у быков-производителей и у коров гаплотипов по фертильности, которые приводят к нежелательным последствиям – выбраковке животных по причинам воспроизводства. Это, в свою очередь, снижает показатель длительности продуктивного периода за счет более интенсивного использования поголовья (интенсивное выращивание, ранние сроки первого осеменения, интенсивная лактация, сопровождающаяся потерями живой массы и использованием питательных веществ из организма). Все это ставит вопросы по оценке быков-производителей по воспроизводительным способностям их дочерей.

Оценку проводили по длительности сервис- и межотельного периодов, кратности осеменения, коэффициенту воспроизводительной способности коров (КВС).

Показатели длительности сервис- и межотельного периодов, а также длительности лактации представлены на рис. 7. Наглядно видно, что длительность сервис-периода у дочерей быков-производителей, кроме дочерей от быка отечественной селекции Аляска, превышает оптимальные показатели почти в два раза. Считается, что маточное поголовье имеет хорошие воспроизводительные качества, если длительность сервис-периода находится в пределах 45–80 дней. Превышение этих показателей предполагает отнесение коров с более длительным сервис-периодом к яловым с последующей их выбраковкой.

В связи с повышением продуктивности и высокими удоями, а также с целью получения большего количества молока в хозяйствах удлиняют сервис-период. В настоящее время для голштинизированного черно-пестрого скота нормальным считается сервис-период длительностью 112–120 дней. Вызывает интерес, насколько повышение длительности сервис-периода оказывает влияние на увеличение удоев. Для этого мы провели анализ повышения продуктивности в зависимости от длительности сервис-периода в сравнении с нормальной лактацией в 305 дней (рис. 8).

На рис. 8 хорошо видно, что повышение продуктивности коров нельзя объяснить увеличением длительности сервис-периода. Следует отметить, что дочери быков канадской и американской селекции (Авроры и Релейбла) сопровождали увеличение длительности сервис-периода увеличением надоя, в то время как быки отечественной и голландской селекции при увеличении длительности сервис-периода практически не увеличили удой.

Расчет среднесуточных удоев по периодам длительности лактации показал, что в период с 306-го дня лактации среднесуточные удои низкие и повы-

шение продолжительности лактации неэффективно (рис. 9).

Также видно, что увеличение длительности лактации за счет удлинения сервис-периода у дочерей от быков-производителей отечественной (Аляска) и голландской (Дэвис) селекции не приводит к значительному повышению удоя за лактацию и говорит о значительных проблемах с воспроизводством.

Дочери быков-производителей канадской и американской селекции на увеличение длительности лактации отвечают повышением удоя за лактацию за счет стабильности лактационной деятельности и показывают хорошие среднесуточные надои.

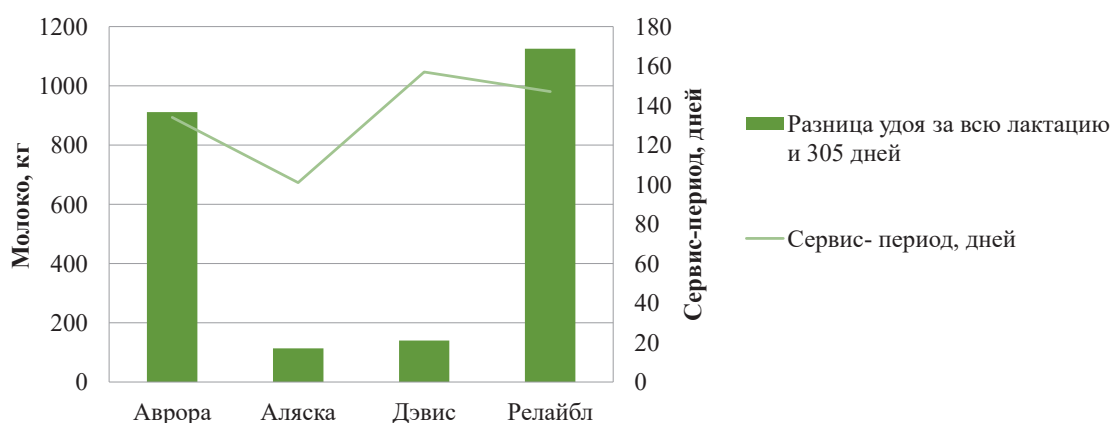


Рис. 8. Взаимосвязь длительности сервис-периода и удоя

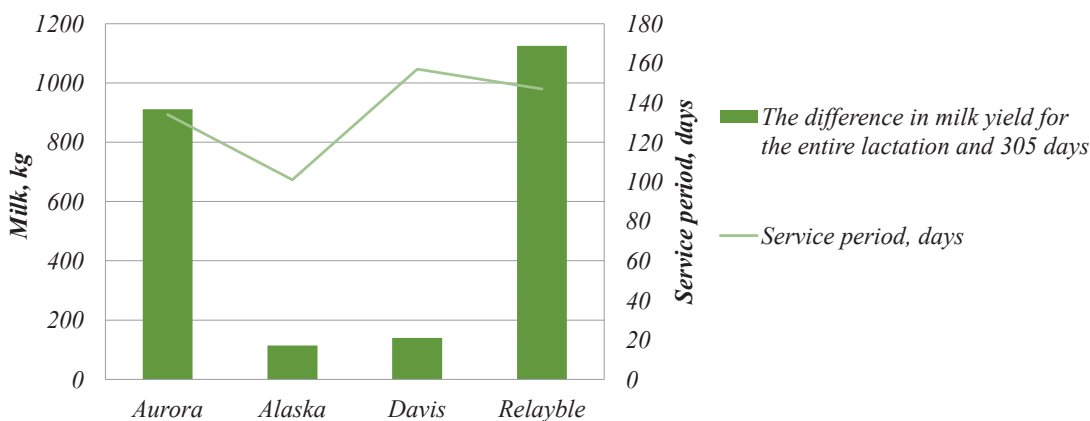


Fig. 8. The relationship between the duration of the service period and milk yield

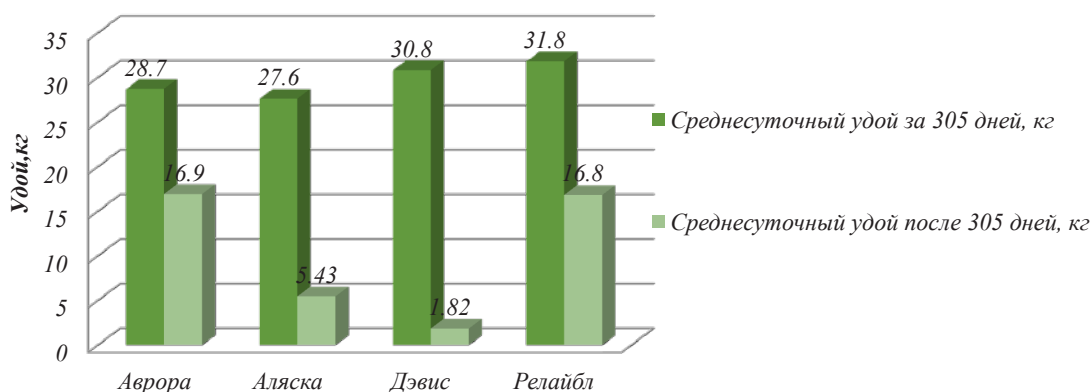


Рис. 9. Среднесуточные удои коров-дочерей быков-производителей разной селекции по периодам длительности лактации, кг

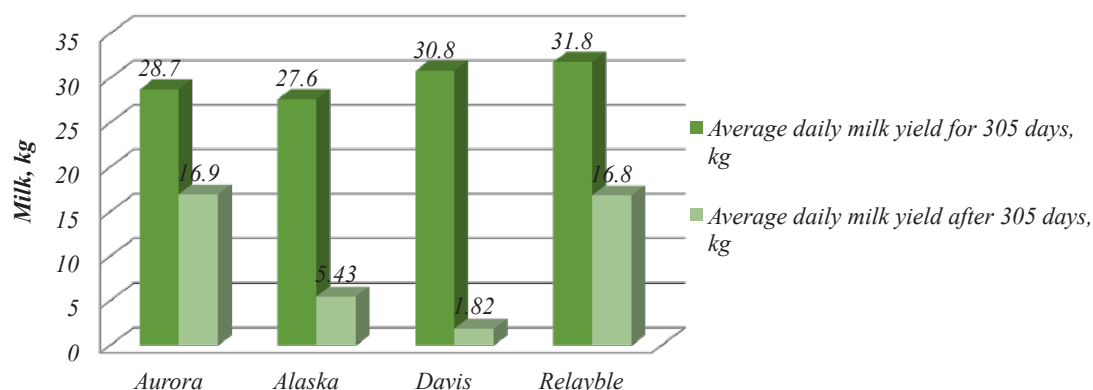


Fig. 9. Average daily milk yields of cows-daughters of bulls-producers of different breeding by periods of lactation duration, kg

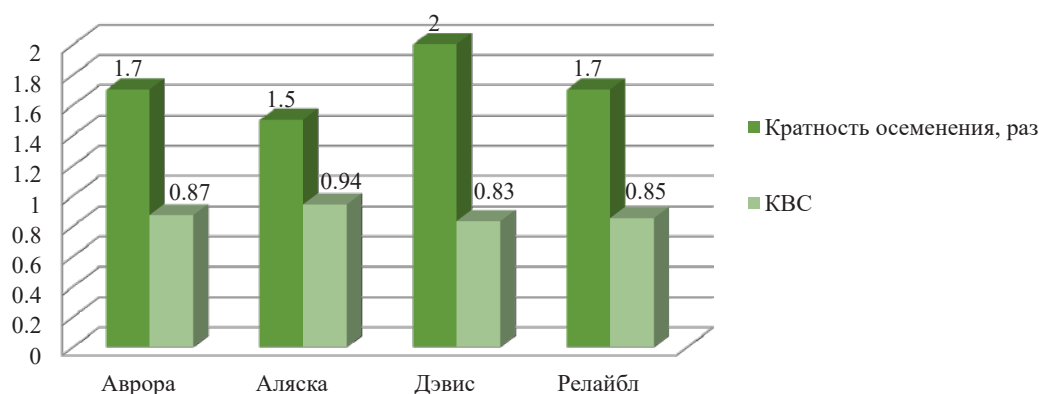


Рис. 10. Кратность осеменения и КВС коров-дочерей

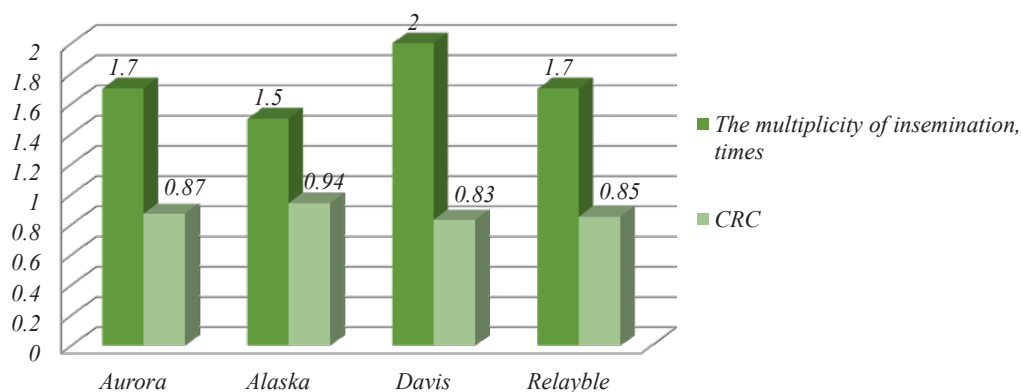


Fig. 10. The multiplicity of insemination and CRC of cows-daughters

Вторым показателем, на который обращают внимание при оценке воспроизводительных функций у коров, является межотельный период. В идеале он должен быть 365 дней, то есть год. Для эффективного молочного скотоводства в хозяйстве должны в течение года от коровы получать жизнеспособный приплод и полноценную лактацию. Превышение длительности межотельного периода приводит к сокращению количества получаемого приплода и, соответственно, ремонтного молодняка, необходимого для дальнейшего обновления стада. Для того чтобы оценить уровень воспроизводства, рассчитывают коэффициент воспроизводительной способности, по которому судят о воспроизводительных функциях маточного поголовья. Считается, что

если он составляет 0,95 и приближается к единице, то воспроизводительные качества маточного поголовья хорошие и с воспроизводством в данном хозяйстве проблем нет.

Данные о коэффициенте воспроизводительной способности коров-дочерей от быков-производителей разной селекции представлены на рис. 10.

В результате расчета КВС коров установлено, что он во всех группах коров-дочерей был ниже оптимального 0,95. Это говорит о проблемах с воспроизводством в группах дочерей быков голштинских быков-производителей разной селекции. Более высокие показатели КВС оказались у дочерей быка отечественной селекции Аляска, а самые низкие – в группе дочерей быка Дэвиса голландской селекции.

У них же была самая высокая кратность осеменения, то есть больший расход семени на получение приплода.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Из вышеизложенного следует, что продуктивные и воспроизводительные качества дочерей изменяются в зависимости от принадлежности к быку-производителю, а значит, его селекция (происхождение) оказывает влияние на качества дочерей. Лучшие показатели молочной продуктивности оказались у коров-дочерей от быков-производителей нидерландской и американской селекции – Дэвиса

и Релайбла. У маточного поголовья голштинизированного черно-пестрого скота имеются проблемы с воспроизводством, а функции снижены. Рекомендуется более широко использовать дочерей от быков-производителей нидерландской и американской селекции – Дэвиса и Релайбла – и продолжать работу по повышению продуктивного долголетия в стаде.

Подобные данные были получены и в исследованиях И. М. Донник, С. В. Мырина [2]; Е. С. Казанцевой [3]; О. С. Чеченихиной, Е. С. Смирновой [5]; I. Tkachenko, V. Gridin, S. Gridina [8]; А. В. Колесниковой [14] и других.

Библиографический список

1. Донник И. М., Воронин Б. А. Производство органической сельскохозяйственной продукции как одно из важнейших направлений развития АПК // Аграрный вестник Урала. 2016. № 1 (143). С. 77–81.
2. Донник И. М., Мырин С. В. Роль генетических факторов в повышении продуктивности крупного рогатого скота // Главный зоотехник. 2016. № 8. С. 20–32.
3. Казанцева Е. С. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы // Молочнохозяйственный вестник. 2018. № 2. С. 36–43.
4. Ражина Е. В., Лоретц О. Г. Влияние генетического потенциала на молочную продуктивность голштинизированного черно-пестрого скота // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научное обеспечение инновационного развития животноводства и биотехнологий. Екатеринбург, 2021. С. 213–214.
5. Чеченихина О. С., Смирнова Е. С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 1 (37). С. 90–102.
6. Лиходеевская О. Е., Горелик О. В., Лоретц О. Г. Характеристика маточного поголовья племенного репродуктора Свердловской области // Приоритетные направления регионального развития: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. Курган, 2020. С. 716–720.
7. Chechenikhina O., Loretts O., Bykova O., Shatskikh E., Gridin V., Topuriya L. Productive qualities of cattle in dependence on genetic and paratypic factors // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2018. No. 9 (1). Pp. 587–593.
8. Лешонок О.И., Ткаченко И.В., Гридина С.Л. Результаты комплексной оценки быков-производителей в племенных стадах Свердловской области // Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2016. Т. 2. № 1. С. 27–35.
9. Skvortsov E., Bykova O., Mymrin V., Skvortsova E., Neverova O., Nabokov V., Kosilov V. Determination of the applicability of robotics in animal husbandry [e-resource] // The Turkish Online Journal of Design Art and Communication 8 (S-MRCHSPCL). 2018. Pp. 291–299. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34958547> (date of reference: 29.11.2021).
10. Mymrin V., Loretts O. Contemporary trends in the formation of economically-beneficial qualities in productive animals // Digital agriculture – development strategy: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019). Ser. “Advances in Intelligent Systems Research”. Ekaterinburg, 2019. Pp. 511–514.
11. Gorelik O. V., Lihodeevskaya O. E., Zezin N. N., Sevostyanov M. Ya., Leshonok O. I. Assessment of the effect of inbreeding on the productive longevity of dairy cattle // AGRITECH-III-2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Article number 082009. DOI: 10.1088/1755-1315/548/8/082009.
12. Горелик О. В., Лавров А. А., Лаврова Ю. Е., Белооков А. А. Причины выбытия коров в зависимости от происхождения // Аграрный вестник Урала. 2021. № 1 (204). С. 36–45.
13. Решетникова Н. П., Ескин Г. Е. Современное состояние и стратегия воспроизводства стада при повышении продуктивности молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 4. С. 2–4.
14. Колесникова А. В. Степень использования генетического потенциала голштинских быков-производителей различной селекции // Зоотехния. 2017. № 1. С. 10–12.
15. Молчанова Н. В., Сельцов В. И. Влияние методов разведения на продуктивное долголетие и пожизненную продуктивность коров // Зоотехния. 2016. № 9. С. 2–4.
16. Зиновьева Н. А. Гаплотипы фертильности голштинского скота // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 4. С. 423–435.
17. Лукьянов К. И., Федяев П. М., Современные тенденции в индексной оценке племенной ценности молочного скота // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 11–19.

18. Australia's Three Breeding Indices [e-resource] // DataGene. 2020. URL: <https://datagene.com.au/ct-menu-item-7/australia-s-three-indices> (date of reference: 24.07.2020).
19. Breeding evaluation [e-resource] // Masterrind. 2020. URL: <https://www.masterrind.com/en/breeding-evaluation> (date of reference: 24.07.2020)
20. More Genomic Breeding Values on the Spanish scale [e-resource] // EuroGenomics. 2020. URL: <http://www.eurogenomics.com/genomic-breeding-values/look-at-rankings/about-gICO.html> (date of reference: 24.07.2020).
21. CDN Genetic Evaluation [e-resource] // Canadian Dairy Network. 2020. URL: https://www.cdn.ca/files_ge_articles.php (date of reference: 24.07.2020).
22. Genetic Evaluation – Methods and Definitions [e-resource] // Institut de l'Élevage Idele. 2018. URL: http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/genetic-evaluation-methods-and-definitions.html (date of reference: 24.07.2020).
23. Cole J. B., VanRaden P. M. Symposium review: Possibilities in an age of genomics: The future of selection indices // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101 (4). Pp. 3686–3701. DOI: 10.3168/jds.2017-13335.
24. Miglior F., Fleming A., Malchiodi F. et al. A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (12). Pp. 10251–10271. DOI: 10.3168/jds.2017-12968.

Об авторах:

Ольга Васильевна Горелик¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-9546-2069, AuthorID 878171; +7 922 130-95-90, olgao205en@yandex.ru

Ольга Петровна Неверова¹, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632; +7 912 634-94-62

Артем Сергеевич Горелик², кандидат биологических наук, преподаватель кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ, ORCID 0000-0002-3362-2514, AuthorID 863150; +7 922-130-98-21

Аманжан Максутканович Нусупов³, докторант, ORCID 0000-0002-0504-6425; +7 702 861-00-47

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург, Россия

³ Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Нур-Султан, Республика Казахстан

Comparative evaluation of Holstein bulls-producers of different breeding on the productive qualities of daughters

O. V. Gorelik¹✉, O. P. Neverova¹, A. S. Gorelik², A. M. Nusupov³

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

² Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Ekaterinburg, Russia

³ S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

✉E-mail: olgao205en@yandex.ru

Abstract. Purpose. Comparative assessment of productive qualities of cows-daughters of Holstein bulls-producers of different breeding. **Methods.** Milk productivity was assessed by the method of control milking, milk quality indicators – by the instrument method on the Lactan-1M device, reproductive qualities – by conventional methods. **Results.** The age of the first insemination influenced the age of the first fruitful insemination and the first calving. Earlier, calving took place for 6 to 9 months in heifers obtained from bulls of Russian and Dutch breeding – Alaska and Davis. The live weight of the repair heifers at the first insemination was almost the same. A higher live weight of the first insemination was in heifers-daughters of bulls Aurora and Relayble. Cows-daughters of bulls-producers of Aurora (Canadian breeding) and Alaska (domestic breeding) were distinguished by lower productivity. They had milk yields for 305 days of lactation and for the entire first lactation lower than the daughters of bulls-producers of Dutch and American breeding – Davis and Relayble. The productive longevity of cows-daughters of all evaluated bulls-producers is slightly more than one lactation 1.0 (Alaska bull) – 1.3 lactation (Aurora bull). According to MFF (mass fraction of fat) and MFP (mass fraction of protein) in milk, the milk of the daughters of the Davis producer bull of the Dutch selection was distinguished by the best indicators. Their MFF in milk was higher by

0.02–0.18 % and MFP by 0.19–0.22 %. The duration of the service period ranges from 101 days (Alaska) to 157 days (Davis). The coefficient of reproductive ability of cows in all groups of cows-daughters was below the optimal 0.95, which indicates problems with reproduction in groups of daughters of bulls of Holstein bulls of different breeding. The daughters of the Alaska bull of the domestic selection had the best CRC indicators (reproductive ability coefficient), and the lowest in the group of the daughters of the Dutch selection Davis bull. **The scientific novelty** of the work lies in the fact that a comprehensive assessment of the economic and useful qualities of the daughters of Holstein bulls of different breeding was carried out and their further use was determined.

Keywords: Holstein black-and-white cattle, breeding bulls, cows, milk yield, service period, longevity.

For citation: Gorelik O. V., Neverova O. P., Gorelik A. S., Nusupov A. M. Sravnitel'naya otsenka golshtinskikh bykov-proizvoditeley raznoy selektsii po produktivnym kachestvam docherey [Comparative evaluation of Holstein bulls-producers of different breeding on the productive qualities of daughters] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (219). Pp. 60–72. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-60-72. (In Russian.)

Date of paper submission: 06.12.2021, **date of review:** 23.12.2021, **date of acceptance:** 31.01.2022.

References

1. Donnik I. M., Mymrin S. V. Povyshenie bioresursnogo potentsiala bykov-proizvoditeley [Increase of bioresource potential of bulls-producers] // Glavnyy zootekhnik. 2016. No. 4. Pp. 7–14. (In Russian.)
2. Donnik I. M., Mymrin S. V. Rol' geneticheskikh faktorov v povyshenii produktivnosti krupnogo rogatogo skota [The role of genetic factors in increasing the productivity of cattle] // Glavnyy zootekhnik. 2016. No. 8. Pp. 20–32. (In Russian.)
3. Kazantseva E. S. Produktivnoe dolgoletie korov cherno-pestroy porody [Productive longevity of black-and-white cows] // Molochnokhozyaistvennyy vestnik. 2018. No. 2. Pp. 36–43. (In Russian.)
4. Razhina E. V., Loretts O. G. Vliyaniye geneticheskogo potentsiala na molochnuyu produktivnost' golshtinizirovannogo cherno-pestrogo skota [Influence of genetic potential on milk productivity of Holstein black-and-white cattle] // Ot importozameshcheniya k eksportnomu potentsialu: nauchnoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya zhivotnovodstva i biotekhnologiy. Ekaterinburg, 2021. Pp. 213–214. (In Russian.)
5. Chechenikhina O. S., Smirnova E. S. Biologicheskiye i produktivnyye osobennosti korov cherno-pestroy porody pri razlichnoy tekhnologii doyeniya [Biological and productive features of black-and-white cows with different milking technology] // Molochnokhozyaystvennyy vestnik. 2020. No. 1 (37). Pp. 90–102. (In Russian.)
6. Likhodeyevskaya O. E., Gorelik O. V., Loretts O. G. Kharakteristika matochnogo pogolov'ya plemennogo reproduktora Sverdlovskoy oblasti [Characteristics of the breeding stock of the breeding reproducer of the Sverdlovsk region] // Prioritetnyye napravleniya regional'nogo razvitiya: materialy Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Kurgan, 2020. Pp. 716–720. (In Russian.)
7. Chechenikhina O., Loretts O., Bykova O., Shatskikh E., Gridin V., Topuriya L. Productive qualities of cattle in dependence on genetic and paratypic factors // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2018. No. 9 (1). Pp. 587–593.
8. Leshonok O. I., Tkachenko I. V., Gridina S. L. Rezul'taty kompleksnoy ocenki bykov-proizvoditeley v plemennykh stadakh Sverdlovskoy oblasti // Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2016. T. 2. № 1. S. 27–35.
9. Skvortsov E., Bykova O., Mymrin V., Skvortsova E., Neverova O., Nabokov V., Kosilov V. Determination of the applicability of robotics in animal husbandry [e-resource] // The Turkish Online Journal of Design Art and Communication 8 (S-MRCHSPCL). 2018. Pp. 291–299. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34958547> (date of reference: 29.11.2021).
10. Mymrin V., Loretts O. Contemporary trends in the formation of economically-beneficial qualities in productive animals // Digital agriculture – development strategy: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019) “Advances in Intelligent Systems Research”. Ekaterinburg, 2019. Pp. 511–514.
11. Gorelik O. V., Lihodeyevskaya O. E., Zezin N. N., Sevostyanov M. Ya., Leshonok O. I. Assessment of the effect of inbreeding on the productive longevity of dairy cattle // AGRITECH-III-2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Article number 082009. DOI: 10.1088/1755-1315/548/8/082009.
12. Gorelik O. V., Lavrov A. A., Lavrova Yu. E., Belookov A. A. Prichiny vybytiya korov v zavisimosti ot proiskhozhdeniya [Reasons for the disposal of cows depending on origin] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 1 (204). Pp. 36–45. (In Russian.)
13. Reshetnikova N. P., Yeskin G. E. Sovremennoye sostoyaniye i strategiya vosproizvodstva stada pri povyshenii produktivnosti molochnogo skota [The current state and strategy of herd reproduction while increasing the productivity of dairy cattle] // Dairy and beef cattle farming. 2018. No. 4. Pp. 2–4. (In Russian.)
14. Kolesnikova A. V. Stepen' ispol'zovaniya geneticheskogo potentsiala golshtinskikh bykov-proizvoditeley

- razlichnoy selektsii [The degree of use of the genetic potential of Holstein bulls-producers of various breeding] // Zootekhniya. 2017. No. 1. Pp. 10–12. (In Russian.)
15. Molchanova N. V., Sel'tsov V. I. Vliyaniye metodov razvedeniya na produktivnoye dolgoletie i pozhiznennuyu produktivnost' korov [The influence of breeding methods on productive longevity and lifelong productivity of cows] // Zootekhniya. 2016. No. 9. Pp. 2–4. (In Russian.)
16. Zinov'yeva N. A. Gaplotipy fertil'nosti golshtinskogo skota [Fertility haplotypes of Holstein cattle] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016. No. 4. Pp. 423–435. (In Russian.)
17. Luk'yanov K. I., Fedayev P. M., Sovremennyye tendentsii v indeksnoy otsenke plemennoy tsennosti molochnogo skota [Modern trends in the index evaluation of the breeding value of dairy cattle] // Genetika i razvedeniye zhivotnykh. 2016. No. 4. Pp. 11–19. (In Russian.)
18. Australia's Three Breeding Indices [e-resource] // DataGene. 2020. URL: <https://datagene.com.au/ct-menu-item-7/australia-s-three-indices> (date of reference: 24.07.2020).
19. Breeding evaluation [e-resource] // Masterrind. 2020. URL: <https://www.masterrind.com/en/breeding-evaluation> (date of reference: 24.07.2020)
20. More Genomic Breeding Values on the Spanish scale [e-resource] // EuroGenomics. 2020. URL: <http://www.eurogenomics.com/genomic-breeding-values/look-at-rankings/about-gICO.html> (date of reference: 24.07.2020).
21. CDN Genetic Evaluation [e-resource] // Canadian Dairy Network. 2020. URL: https://www.cdn.ca/files_ge_articles.php (date of reference: 24.07.2020).
22. Genetic Evaluation – Methods and Definitions [e-resource] // Institut de l'Élevage Idele. 2018. URL: http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/genetic-evaluation-methods-and-definitions.html (date of reference: 24.07.2020).
23. Cole J. B., VanRaden P. M. Symposium review: Possibilities in an age of genomics: The future of selection indices // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101 (4). Pp. 3686–3701. DOI: 10.3168/jds.2017-13335.
24. Miglior F., Fleming A., Malchiodi F. et al. A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (12). Pp. 10251–10271. DOI: 10.3168/jds.2017-12968.

Authors' information:

Olga V. Gorelik¹, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-9546-2069, AuthorID 878171; +7 922 130-95-90, olgao205en@yandex.ru

Olga P. Neverova¹, candidate of biological sciences, associate professor, head of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632; +7 912 634-94-62

Artem S. Gorelik², candidate of biological sciences, lecturer of the department of fire extinguishing and emergency rescue, ORCID 0000-0002-3362-2514, AuthorID 863150; +7 922-130-98-21

Amanzhan M. Nusupov³, doctoral student, ORCID 0000-0002-0504-6425; +7 702 861-00-47

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

² Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Ekaterinburg, Russia

³ S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

Морфогистохимическая оценка влияния кормовой минеральной добавки на органы пищеварения при экспериментальной иммуносупрессии у животных

М. Н. Дрозд¹, В. М. Усевич¹✉

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: vus5@yandex.ru

Аннотация. Условия содержания животных все чаще провоцируют стрессовые ситуации у них. Возникновение стресса способствует снижению резистентности организма и создает условия для развития заболеваний различной этиологии. При снижении резистентности снижается количество и качество продукции. Профилактировать стрессы у животных и птицы можно использованием адаптогенов различного происхождения. Поиск оптимальных средств, отвечающих всем требованиям профилактики, остается до настоящего времени актуальной проблемой практической ветеринарии. **Целью** настоящего исследования было дать морфогистохимическую оценку влияния кормовой минеральной добавки на органы пищеварения при экспериментальной иммуносупрессии у лабораторных животных; в условиях экспериментальной иммуносупрессии выявить влияние минеральной кормовой добавки на структуру клеток органов и их метаболизм. **Методы.** Для подтверждения эффективности минерального адаптогена проводили гистологическое, морфометрическое и гистохимическое исследование органов пищеварения. **В результате** проведенных исследований по профилактическому скармливанию кормовой минеральной добавки отечественного производства выявлена его иммуно- и органопротективная роль. Определены наиболее чувствительные органы к действию неблагоприятных факторов (лимфоидные образования в стенке кишечника). Морфометрически и гистохимически определена достоверность морфологических изменений в них. При профилактическом скармливании кормовой минеральной добавки отечественного производства в органах пищеварения выявленные изменения не имели тотальной деструкции, приближаясь по структуре и обменным процессам в клетках к структуре этих органов у интактных животных. **Научная новизна.** Впервые проведена сравнительная микроструктурная, гистохимическая и морфометрическая оценка органов пищеварения в организме лабораторных животных в условиях искусственно индуцированной иммуносупрессии, подтверждающих иммуно- и органопротективный эффект кормовой минеральной добавки отечественного производства, который можно рассматривать как минеральный адаптоген.

Ключевые слова: стресс, иммуносупрессия, профилактика, адаптоген, гистология, гистохимия, морфометрия, кормовые добавки.

Для цитирования: Дрозд М. Н., Усевич В. М. Морфогистохимическая оценка влияния кормовой минеральной добавки на органы пищеварения при экспериментальной иммуносупрессии у животных // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 73–81. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-73-81.

Дата поступления статьи: 18.02.2022, **дата рецензирования:** 28.02.2022, **дата принятия:** 14.03.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Интенсивное развитие животноводства и птицеводства приводит к повышению вероятности развития стресса у животных и птиц. Усиливаются нагрузки на организм в виде вакцинального стресса, от скученного содержания животных, снижается двигательная активность в связи с привязным содержанием, повышается травматизм при беспривязном содержании. Кроме того, стрессу способствуют нарушения, связанные с кормлением животных и птицы, несоответствие качества кормов зоогигиеническим требованиям, а также повышенное

содержание вредных веществ в кормах, заготовленных на техногенно- и антропогеннозагрязненных территориях [13]. Создание такой ситуации влечет за собой развитие иммунодефицитных состояний, спровоцированных любым стрессом. Все это приводит к снижению естественной резистентности животных и птицы. Противостоять снижению иммунитета животных и птицы – одна из основных задач практической ветеринарии [8; 9]. Профилактические мероприятия всегда являлись приоритетным направлением ветеринарной медицины, особенно в промышленном животноводстве и птицеводстве.

На фоне развивающихся иммунодефицитов активно развиваются инфекционные, инвазионные и незаразные болезни. Любые заболевания ведут к снижению продуктивности животных, качества получаемой продукции и повышению риска падежа.

В качестве профилактического средства часто используют различные кормовые добавки, относящиеся к разного рода адаптогенам [14]. Проводя экспериментальное исследование и изучая структуру внутренних органов при различных физиологических и патологических состояниях, на микроскопическом уровне можно оценить механизм развития патологического процесса, выявить структуры наиболее подверженные разрушению и что позволяет сохранить их [10–12]. Моделируя патологические процессы на лабораторных животных, можно отследить, на каком этапе развития патологии изменения становятся фатальными и в какой период можно лекарственными средствами или другими манипуляциями и действиями поменять направление анагенеза негативного процесса на позитивный [4–7; 13]. Изучая гистохимические изменения в тканях и клетках, можно увидеть цветограмму биохимических процессов, что позволит сопоставить иммунобиохимические процессы с результатами биохимических исследований сыворотки крови.

В ветеринарной практике в настоящее время для нивелирования отрицательных последствий перечисленных факторов используются различные лекарственные средства, кормовые добавки, комплексы поливитаминов, пробиотики, лекарственные растения и биологически активные вещества [1], [2]. Все используемые сегодня адаптогены повышают естественную резистентность организма, что было подтверждено гематобиохимическими исследованиями на птице [15]. Наиболее интересны те адаптогены, которые оказывают максимально широкое действие и эффективны в отношении естественной резистентности и сохранности поголовья, а также оказывают позитивное влияние на количество и качество получаемой продукции [1; 4; 6; 14; 15].

На протяжении длительного времени идет поиск дешевых и эффективных средств защиты животных и птицы. Кормовые добавки отечественного производства, обладающие адаптогенными свойствами, получают из побочных продуктов фармацевтической, перерабатывающей животноводческой, добывающей и металлургической промышленности [3]. Качество и безопасность кормовых добавок для жизни и здоровья человека, животных и птицы определяют лаборатории медицинских и ветеринарных учреждений. Большое количество исследованных природных минеральных добавок использовали как энтеросорбенты, поглощающие энтеротоксины различного происхождения. Применяемые сегодня минеральные добавки относятся к группе

цеолитов, имеющих природное и искусственное происхождение [3], [12].

Главное их общее преимущество заключается в строении кристаллической решетки, способной поглощать токсические и вредные вещества, а также механизме обогащения организма необходимыми минеральными веществами по принципу ионного обмена [3; 7]. Принципиальная разница между ними заключается не только в количественном и качественном химическом составе, но и возможностях их обогащения необходимыми минералами, а также стабильности минерального состава. Все природные цеолиты имеют непостоянный химический состав, который зависит от глубины залегания добываемого пласта. На химический состав накладывают отпечаток климатические условия периода его формирования.

Искусственные цеолиты в результате технологической переработки имеют постоянный химический состав, который может быть изменен в соответствии с требованиями технического регламента или запросов животноводства. У искусственных цеолитов исходным сырьем является побочный продукт алюминиевого производства, природным ископаемым для которого являются природные бокситы. Уровень залегания этих минералов значительно глубже, это более древние структуры, имеющие постоянные условия формирования.

В связи с этим наиболее интересна кормовая минеральная добавка со стабильным минеральным составом [3; 11]. Проведенные ранее исследования по химическому составу показали, что количество минеральных веществ в нем более 30, четыре из которых являются нейтральными в отношении обменных процессов в организме. Кроме того, минеральная добавка к корму обогащена стабилизированным йодом [5]. Но до последнего времени нет окончательных сведений об иммунопротективном действии минеральной кормовой добавки на уровне обменных процессов в целом, на клеточном и внутриорганном уровне [2].

В связи со всем вышеперечисленным поиск эффективных средств профилактики отрицательных последствий стресса является актуальной задачей практической ветеринарии. В качестве такого средства используют кормовую минеральную добавку (КМД), имеющую торговое название «БШ-ВИТ», производства ООО «Сорбент-К» Россия. Ранее она использовалась как энтеросорбент и источник макро- и микроэлементов [3; 8]. Полученные позитивные результаты от ее применения и позитивного влияния на органы иммунной системы [9] стали причиной ее более глубокого изучения на уровне органов, тканей и клеток.

Целью исследования было дать морфогистохимическую характеристику воздействия кормовой минеральной добавки на органы пищеварения при

экспериментальной иммуносупрессии у лабораторных животных.

Задачи исследования:

- определить морфологическую структуру органов пищеварения при создании искусственной иммуносупрессии и превентивного применения минеральной кормовой добавки;
- оценить на гистохимическом уровне метаболические изменения в клетках органов пищеварения при создании искусственной иммуносупрессии и превентивного применения кормовой минеральной добавки.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования по проведению опыта на лабораторных животных были выполнены в условиях лаборатории на кафедре инфекционной и незаразной патологии Уральского государственного аграрного университета, лаборатории иммунобиохимии УрФАНИЦ УрО РАН, гистологической лаборатории ЦНИЛ Уральского государственного медицинского университета. Для исследования подбирали белых беспородных крыс трехмесячного возраста живой массой 250 г обоих полов поровну, по 15 голов в каждую группу, используя принцип аналогов. Были созданы две группы – опытная и контрольная.

В созданных группах у животных рацион и водный режим были идентичными. В качестве корма использовали комбикорм Little-one-rats. В экспериментальном исследовании в контрольную группу вошли здоровые (интактные) животные, которых в течение трех недель не подвергали никаким воздействиям. В опытной группе – животные, получавшие КМД до и после искусственной иммуносупрессии. Схема опыта представлена в таблице 1.

Перед началом исследования из каждой группы было выведено из опыта по 6 голов (по 3 самки и 3 самца) для определения исходного состояния и микроструктуры некоторых органов (желудок и тонкая кишка). Крысам опытной группы скармливали

кормовую минеральную добавку (КМД), смешивая с комбикормом Little-one-rats, в контрольной группе – только комбикорм и воду. В опытной группе КМД скармливали в дозе 0,075 г на голову (0,3 г на 1 кг живой массы). Кормление – 2 раза в сутки. Через 21 день от начала опыта у животных обеих групп искусственно вызывали состояние пролонгированной иммуносупрессии с помощью однократного внутримышечного введения 0,5 мг дексаметазона и 2,5-процентной суспензии гидрокортизона ацетата в дозе 20 мг на 100,0 г живой массы.

Через 14 суток от воспроизведения искусственной иммуносупрессии выводили из опыта по 6 крыс (по равному количеству самок и самцов) из каждой группы животных и отбирали материал для гистологического и гистохимического исследования. Только морфологические исследования могут дать полную картину происходящих процессов и качества получаемой продукции [10]. Для этого отбирали кусочки желудка и тонкой кишки. Полученный материал фиксировали, обезжизивали, заливали в парафин по общепринятым методикам. Для приготовления гистосрезов использовали роторный микротом HM-450 Microm. Приготовленные срезы окрашивали гематоксилином и эозином и на выявление мукополисахаридов ШИК-реакцией с реактивом Шиффа. Для изучения гистосрезов пользовались световым микроскопом Olympus CX41 при увеличении в 100, 200, 400 раз. Для документирования изменений микрофото съемку осуществляли цифровой фотокамерой Levenhuk C130 NG.

Полученный цифровой материал подвергался статистической обработке в программе Excel. Считывали среднеарифметическую ошибку (M) и ошибку среднего арифметического (m). Достоверность разницы оценивали по t -критерию Стьюдента. Достоверными считали результаты при $P \leq 0,05$.

Таблица 1
Схема экспериментального исследования

Группа	Корм Little-one-rats и вода питьевая артезианская	Иммуносупрессия на 21-й день от начала исследования
Опытная группа: КМД постоянно на протяжении всего периода исследования в дозе 0,075 г на голову	+	+
Контроль: интактные животные	+	+

Table 1
Scheme of experience

Group	"Little-one-rats" food and artesian drinking water	Immunosuppression for 21 st days from the start of the study
Experimental group: feed mineral supplement constantly, throughout the entire study period, at a dose of 0.075 g per head	+	+
Control: intact animals	+	+

Результаты (Results)

Слизистая желудка у интактных крыс представлена гастроцитами, находящимися в функционально активном состоянии, и имеет складчатое строение (рис. 1). При иммуносупрессии заметно некоторое уплотнение складок слизистой оболочки желудка. Состояние гастроцитов без видимых изменений (рис. 2). У животных после иммуносупрессии на фоне скармливания КМД с кормом заметных отличий в гистоструктуре гастроцитов не наблюдали (рис. 3).

Анализ гистоструктуры слизистой желудка у крыс (интактных, после иммуносупрессии и иммуносупрессии на фоне скармливания КМД) показал, что существенных морфологических изменений не выявлено. Структура слизистой желудка крыс во всех группах сохранена.

При исследовании гистоструктуры слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки (тонкий отдела кишечника) у крыс контрольной группы отмечали обычное строение ворсинок и энтероцитов. Энтероциты находились в функционально активном состоянии (рис. 4).

В группе животных при индуцированной иммуносупрессии в двенадцатиперстной кишке по сравнению с контрольной группой статистически значимо уменьшилось содержание межэпителиальных лимфоцитов (МЭЛ) в ворсинках, что можно рассматривать как проявление общей тенденции угнетения лимфоидных производных в органе (рис. 5).

В группе животных с иммуносупрессией на фоне профилактического скармливания КМД отмечается не только восстановление количества межэпителиальных лимфоцитов (МЭЛ) в ворсинках двенадцатиперстной кишки, но и некоторое превышение контрольных значений, что может быть связано с местной реакцией иммунной системы кишечника на введение КМД (рис. 6). Кроме этого, при индуцированной иммуносупрессии введение

КМД в корм не привело к существенному изменению количества бокаловидных клеток в эпителии ворсинок двенадцатиперстной кишки по сравнению с контрольной группой.

В группе интактных животных среди эпителиоцитов определяются бокаловидные клетки. ШИК-позитивная каемка эпителиоцитов сохранена (рис. 7).

В группе крыс с индуцированной иммуносупрессией в слизистой двенадцатиперстной кишки ШИК-позитивная каемка эпителиоцитов сохранена, в ворсинках понижено количество межэпителиальных лимфоцитов по сравнению с интактным контролем. Среди эпителиоцитов определяются бокаловидные клетки (рис. 8).

У крыс в группе на фоне профилактического скармливания минерального адаптогена с последующей иммуносупрессией слизистая двенадцатиперстной кишки крыс существенно не отличается от группы интактного контроля. ШИК-позитивная каемка сохранена (рис. 9).

При определении функционального состояния двенадцатиперстной кишки в контрольной и опытной группах дополнительно проведено морфометрическое исследование: подсчет межэпителиальных лимфоцитов (МЭЛ) на 100 эпителиоцитов ворсинки двенадцатиперстной кишки и подсчет количества бокаловидных клеток на 100 эпителиоцитов. Результаты приведены в таблице 2.

Из данных таблицы видно, что по количеству бокаловидных клеток в слизистой оболочке ворсинок во всех группах показатели колеблются в статистически незначимых пределах, но показатели содержания межэпителиальных лимфоцитов на 100 эпителиоцитов ворсинки двенадцатиперстной кишки достоверно отличаются, что можно рассматривать как проявление общей тенденции угнетения лимфоидных производных при искусственно индуцированной иммуносупрессии.

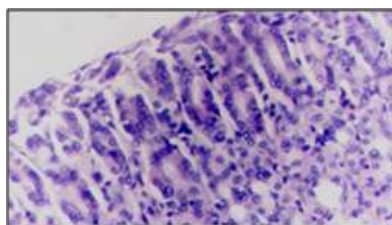


Рис. 1. Слизистая оболочка желудка. Интактные животные. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

Fig. 1. Gastric mucosa. Intact animals. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification 400

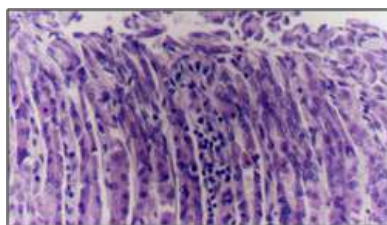


Рис. 2. Слизистая оболочка желудка. Интактные животные после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

Fig. 2. Gastric mucosa. Intact animals after immunosuppression. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification 400

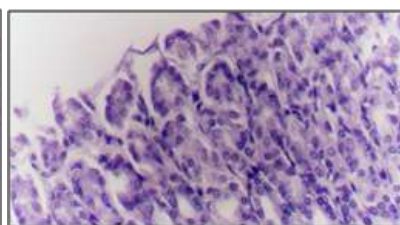


Рис. 3. Слизистая оболочка желудка. Животные с иммуносупрессией на фоне скармливания кормовой минеральной добавки. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

Fig. 3. Gastric mucosa. Animals with immunosuppression against the background of feed mineral supplement feeding. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification 400

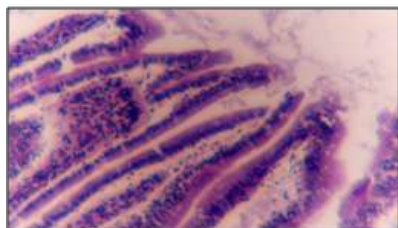


Рис. 4. Слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки. Интактные животные. ШИК-реакция. Окраска с реактивом Шиффа. Ув. $\times 100$

Fig. 4. The mucous membrane of the duodenum intestine. Intact animals. PAS-reaction. Coloring with Schiff reagent. Magnification 100

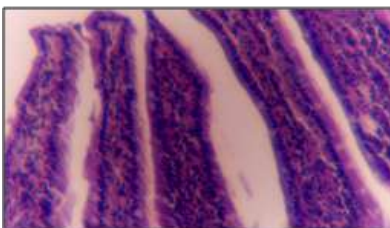


Рис. 5. Слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки. Интактные животные после иммуносупрессии. ШИК-реакция. Окраска с реактивом Шиффа. Ув. $\times 100$

Fig. 5. The mucous membrane of the duodenum intestine. Intact animals after immunosuppression. PAS-reaction. Coloring with Schiff reagent. Magnification 100

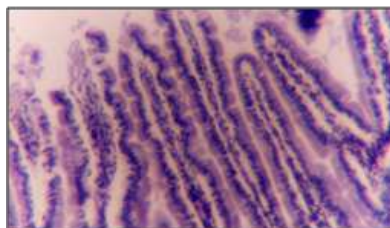


Рис. 6. Слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки. Животные с иммуносупрессией на фоне скармливания кормовой минеральной добавки. ШИК-реакция. Окраска с реактивом Шиффа. Ув. $\times 100$

Fig. 6. The mucous membrane of the duodenum intestine. Animals with immunosuppression against the background of feed mineral supplement feeding. PAS-reaction. Coloring with Schiff reagent. Magnification 100

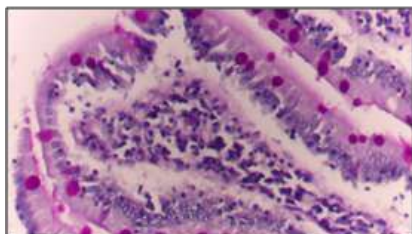


Рис. 7. Слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки. Интактные животные. ШИК-реакция. Окраска с реактивом Шиффа. Ув. $\times 400$

Fig. 7. The mucous membrane of the duodenum intestine. Intact animals. PAS-reaction. Coloring with Schiff reagent. Magnification 400

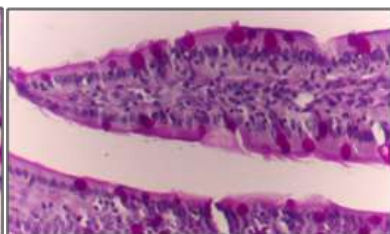


Рис. 8. Слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки. Интактные животные после иммуносупрессии. ШИК-реакция. Окраска с реактивом Шиффа. Ув. $\times 400$

Fig. 8. The mucous membrane of the duodenum intestine. Intact animals after immunosuppression. PAS-reaction. Coloring with Schiff reagent. Magnification 400

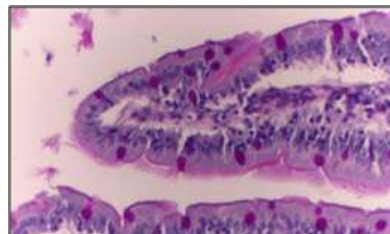


Рис. 9. Слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки. Животные с иммуносупрессией на фоне скармливания кормовой минеральной добавки. ШИК-реакция. Окраска с реактивом Шиффа. Ув. $\times 400$

Fig. 9. The mucous membrane of the duodenum intestine. Animals with immunosuppression against the background of feed mineral supplement feeding. PAS-reaction. Coloring with Schiff reagent. Magnification 400

Таблица 2
Морфометрические показатели состояния двенадцатиперстной кишки крыс при иммуносупрессии ($M \pm m$)

Группа	Интактный контроль	Интактные животные после иммуносупрессии	Животные опытной группы после иммуносупрессии
Количество бокаловидных клеток на 100 эпителиоцитов ворсинок	$13,8 \pm 4,6$	$13,5 \pm 2,7$	$11,0 \pm 3,1$
Количество межэпителиальных лимфоцитов на 100 эпителиоцитов ворсинок двенадцатиперстной кишки	$19,2 \pm 2,0$	$9,25 \pm 3,3^*$	$25,5 \pm 2,1^*$

Примечание. * $P < 0,05$.

Table 2
Morphometric indicators of the state of the rat small intestine during immunosuppression ($M \pm m$)

Group	Intact control	Intact animals after immunosuppression	Animals of the experimental group after immunosuppression
Number of goblet cells per 100 epithelial cells of villi	13.8 ± 4.6	13.5 ± 2.7	11.0 ± 3.1
The number of interepithelial lymphocytes per 100 epithelial cells of the villi of the duodenum intestine	19.2 ± 2.0	$9.25 \pm 3.3^*$	$25.5 \pm 2.1^*$

Note. * $P < 0,05$.

Повышение количества лимфоцитов в группе профилактического скормливания КМД может быть результатом местной реакции иммунной системы кишечника на введение минеральной добавки, при иммуносупрессии слизистая двенадцатиперстной кишки сохранила свою функцию. Это подтверждает иммунопротективное действие КМД.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ проведенных исследований показал, что искусственно индуцированная иммуносупрессия оказывает негативный эффект на морфоструктуру тканей организма животных, наиболее чувствительными к этому воздействию оказались клетки иммунной системы. Заметные изменения фиксировали в слизистой оболочке двенадцатиперстной кишки (тонкий отдел кишечника). Отсутствие видимых изменений регистрировали лишь в слизистой оболочке желудка. Выявленные изменения подтверждали морфометрическими измерениями. Гистохимическими исследованиями были установлены изменения обменных процессов на уровне клеток в органах пищеварения (двенадцатиперст-

ная кишка) на количественном и метаболическом (гистохимическом) уровнях.

В заключение можно сделать выводы:

1. При иммуносупрессии происходит подавление структур иммунной системы в органах пищеварения, в частности, в тонком отделе кишечника – в двенадцатиперстной кишке.
2. При профилактическом скормливания кормовой минеральной добавки изменения в органах пищеварения не имели тотальной деструкции, приближаясь по структуре и обменным процессам в клетках этих органов у интактных животных.
3. При проведении морфометрического анализа статистически достоверно отмечается выживание клеток иммунной системы во внутриорганных структурах двенадцатиперстной кишки (межэпителиальных лимфоцитов) при профилактическом скормливания кормовой минеральной добавки с последующей иммуносупрессией.
4. Профилактическое скормливание КМД можно рассматривать как минеральный адаптоген при иммуносупрессивных состояниях.

Библиографический список

1. Loretts O. G., Donnik I. M., Bykova O. A., Neverova O. P., Gumenyuk O. A., Shakirova S. S., Meshcheriakova G. V. Nonspecific resistance of broilers on the background of application of a herbal complex of biologically active compounds under the conditions of industrial technology // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Т. 9. No. 6. Pp. 1679–1687.
2. Беспмятных Е. Н., Кривоногова А. С., Донник И. М., Исаева А. Г. Подходы к коррекции иммунобиологического профиля животных // *Ветеринария Кубани*. 2018. № 5. С. 10–13.
3. Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I., Sadovnikov N. V., Shusharin A. D., Elesin A. V., Semenova N. N. Reviewing the influence of copper, lead and zinc accumulation on the morphofunctional liver and kidney state in broiler chickens under experimental toxicosis // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Т. 9. No. 6. Pp. 859–873.
4. Красочко П. А., Холод В. М., Шабунин С. В. [и др.] Прикладные аспекты иммуномодуляции с использованием средств природного происхождения. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. 398 с.
5. Шацких Е. В. Переваримость и использование питательных веществ корма бройлерами при введении в предстартовый рацион различных форм соединений йода // *Фундаментальные и прикладные аспекты ветеринарной медицины на границе веков: сборник материалов международной конференции, посвященной 100-летию СибНИВИ-ВНИИБТЖ*. Омск, 2021. С. 376–381.
6. Cecchini S., Rossetti M., Caputo A., Bavoso A. Effect of dietary inclusion of a commercial polyherbal Formula-tion on some physiological and immune parameters in healthy and stressed hens [e-resource] // *Czech Journal of Animal Science*. 2019. No. 64. Pp. 448–458. URL: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjas.htm?type=article&id=189_2019-CJAS (date of reference: 12.12.2020). DOI: 10.17221/189/2019-CJAS.
7. Луговых Т. А., Шацких Е. В. Сорбционные препараты в кормлении птицы // *Инновационные технологии в аграрном производстве: материалы межрегиональной научно-практической конференции*. Екатеринбург, 2020. С. 82–84.
8. Галиев Д. М., Шацких Е. В. Влияние кормовой добавки БШ на мясную продуктивность цыплят-бройлеров // *Производство племенной продукции (материала) по направлениям отечественного племенного животноводства на основе ускоренной селекции: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК»*. Екатеринбург, 2018. С. 33–37.
9. Дрозд М. Н. Эффективность минерального адаптогена в условиях экспериментальной иммуносупрессии // *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 12 (215). С. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-29-40.

10. Кундюкова У. И., Дроздова Л. И. Ветеринарно-санитарная и морфологическая оценка мускулатуры бедренной и грудной групп мышц цыплят-бройлеров с низшей категорией упитанности // Научная жизнь. 2018. № 12. С. 222–231.
11. Шацких Е. В., Галиев Д. М. Минеральный сорбент в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2018. № 11-12. С. 45–49.
12. Царегородцева А. Е., Валамина И. Е., Усевич В. М. Морфо-функциональные характеристики иммунной системы при индуцированной иммуносупрессии в эксперименте // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: сборник статей IV Международной (74 Всероссийской) научно-практической конференции. Екатеринбург, 2019. С. 1192–1196.
13. Шацких Е. В., Нуфер А. И., Галиев Д. М. Натуральные альтернативные стимуляторы роста и их влияние на продуктивность цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2020. № 1. С. 31–36.
14. Галиев Д. М., Шацких Е. В. Морфогистологическое состояние печени цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки БШ [Электронный ресурс] // Вестник биотехнологии. 2019. № 2 (19). URL: http://aon.urgau.ru/uploads/article/pdf_attachment/154 (дата обращения: 17.02.2022).
15. 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.

Об авторах:

Марья Николаевна Дрозд¹, ассистент кафедры инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0001-2345-6789, AuthorID 843196; +7 904 542-58-23, umn100@yandex.ru

Вера Михайловна Усевич¹, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0002-538992-77, AuthorID 654193; +7 904 542-52-25; vus5@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Morphohistochemical assessment of the effect of a feed mineral supplement on the digestive organs during experimental immunosuppression in animals

M. N. Drozd¹, V. M. Usevich¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: vus5@yandex.ru

Abstract. The conditions of keeping animals and birds are increasingly provoking stressful situations for them. The occurrence of stress helps to reduce the body's resistance and creates conditions for the development of diseases of various etiologies. With a decrease in resistance, the quantity of products and their quality decreases. It is possible to prevent stress in animals and poultry by using adaptogens of various origins. The search for optimal means that meet all the requirements of prevention remains to this day an urgent problem of practical veterinary medicine.

The purpose of this study was to give a morphohistochemical assessment of the effect of a feed mineral supplement on the digestive organs during experimental immunosuppression in laboratory animals. In the conditions of experimental immunosuppression, to identify the effect of mineral feed additives on the structure of organ cells and their metabolism. **Methods.** To confirm the effectiveness of the mineral adaptogen, histological, morphometric and histochemical studies of the digestive organs were performed. **As a result** of the conducted research on preventive feeding of a feed mineral supplement of domestic production, its immune- and organoprotective role was revealed. The most sensitive organs to the action of adverse factors (lymphoid formations in the intestinal wall) have been identified. Morphometrically and histochemically determined the reliability of morphological changes in them. During prophylactic feeding of a feed mineral supplement of domestic production in the digestive organs, the revealed changes did not have total destruction, approaching the structure and metabolic processes in cells to the structure of these organs in intact animals. **Scientific novelty.** For the first time, a comparative microstructural, histochemical and morphometric assessment of the digestive organs in the body of laboratory animals under conditions of artificially induced immunosuppression was carried out, confirming the immune- and organoprotective effect of a feed mineral supplement of domestic production, which can be considered as a mineral adaptogen.

Keywords: stress, immunosuppression, prevention, adaptogen, histology, histochemistry, morphometry, feed additives.

For citation: Drozd M. N., Usevich V. M. Morfogistokhimicheskaya otsenka vliyaniya kormovoy mineral'noy dobavki na organy pishchevareniya pri eksperimental'noy immunosupressii u zhivotnykh [Morphohistochemical assessment of the effect of a feed mineral supplement on the digestive organs during experimental immunosuppression in animals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (219). Pp. 73–81. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-73-81. (In Russian.)

Date of paper submission: 18.02.2022, **date of review:** 28.02.2022, **date of acceptance:** 14.03.2022.

References

1. Loretts O. G., Donnik I. M., Bykova O. A., Neverova O. P., Gumenyuk O. A., Shakirova S. S., Meshcheriakova G. V. Nonspecific resistance of broilers on the background of application of a herbal complex of biologically active compounds under the conditions of industrial technology // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No. 6. Pp. 1679–1687.
2. Bepamyatnykh E. N., Krivonogova A. S., Donnik I. M., Isaeva A. G. Podkhody k korrektsii immunobiologicheskogo profilya zhivotnykh [Approaches to correction of the immunobiological profile of animals] // Veterinariya Kubani. 2018. No. 5. Pp. 10–13. (In Russian.)
3. Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I., Sadovnikov N. V., Shusharin A. D., Elesin A. V., Semenova N. N. Reviewing the influence of copper, lead and zinc accumulation on the morphofunctional liver and kidney state in broiler chickens under experimental toxicosis // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 859–873.
4. Krasochko P. A., Kholod V. M., Shabunin S. V. et al. Prikladnye aspekty immunomodulyatsii s ispol'zovaniem sredstv prirodnogo proiskhozhdeniya. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I. T. Trubilina, 2021. 398 p. (In Russian.)
5. Shatskikh E. V. Perevarimost' i ispol'zovanie pitatel'nykh veshchestv korma broylerami pri vvedenii v predstartovyy ratsion razlichnykh form soedineniy yoda [Digestibility and use of feed nutrients by broilers when introducing various forms of iodine compounds into the pre-start diet] // Fundamental'nye i prikladnye aspekty veterinarnoy meditsiny na granitse vekov: sbornik materialov mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu SibNIVI-VNIIBTZh. Omsk, 2021. Pp. 376–381. (In Russian.)
6. Cecchini S., Rossetti M., Caputo A., Bavoso A. Effect of dietary inclusion of a commercial polyherbal Formulation on some physiological and immune parameters in healthy and stressed hens [e-resource] // Czech Journal of Animal Science. 2019. No. 64. Pp. 448–458. URL: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjas.htm?type=article&id=189_2019-CJAS (date of reference: 12.12.2020). DOI: 10.17221/189/2019-CJAS.
7. Lugovykh T. A., Shatskikh E. V. Sorbtsionnye preparaty v kormlenii ptitsy [Sorption preparations in poultry feeding] // Innovatsionnye tekhnologii v agrarnom proizvodstve: materialy Mezhhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2020. Pp. 82–84. (In Russian.)
8. Galiev D. M., Shatskikh E. V. Vliyanie kormovoy dobavki BSh na myasnuyu produktivnost' tsyplyat-broylerov [The effect of the feed additive BS on the meat productivity of broiler chickens] // Proizvodstvo plemennoy produktsii (materiala) po napravleniyam otechestvennogo plemennogo zhivotnovodstva na osnove uskorennoy selektsii: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchnotekhnologicheskomu razvitiyu APK". Ekaterinburg, 2018. Pp. 33–37. (In Russian.)
9. Drozd M. N. Effektivnost' mineral'nogo adaptogena v usloviyakh eksperimental'noy immunosupressii [The effectiveness of mineral adaptogen in experimental immunosuppression] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-29-40. (In Russian.)
10. Kundryukova U. I., Drozdova L. I. Veterinaro-sanitarnaya i morfologicheskaya otsenka muskulatury bedrennoy i grudnoy grupp myshts tsyplyat-broylerov s nizshey kategoriei upitannosti [Veterinary-sanitary and morphological assessment of the muscles of the femoral and pectoral muscle groups of broiler chickens with the lowest category of fatness] // Nauchnaya zhizn'. 2018. No. 12. Pp. 222–231. (In Russian.)
11. Shatskikh E. V., Galiev D. M. Mineral'nyy sorbent v kombikormakh dlya tsyplyat-broylerov [Mineral sorbent in mixed feeds for broiler chickens] // Ptitsvodstvo. 2018. No. 11–12. Pp. 45–49. (In Russian.)
12. Tsaregorodtseva A. E., Valamina I. E., Usevich V. M. Morfo-funktsional'nye kharakteristiki immunnoy sistemy pri indutsirovannoy immunosupressii v eksperimente [Morphofunctional characteristics of the immune system in induced immunosuppression in an experiment] // Aktual'nye voprosy sovremennoy meditsinskoj nauki i zdravookhraneniya: sbornik statey IV Mezhdunarodnoy (74 Vserossiyskoj) nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2019. Pp. 1192–1196. (In Russian.)

13. Shatskikh E. V., Nufer A. I., Galiev D. M. Natural'nye al'ternativnye stimulyatory rosta i ikh vliyanie na produktivnost' tsyplyat-broylerov [Natural alternative growth stimulants and their effect on the productivity of broiler chickens] // Ptitsevodstvo. 2020. No. 1. Pp. 31–36. (In Russian.)

14. Galiev D. M., Shatskikh E. V. Morfogistologicheskoe sostoyanie pecheni tsyplyat-broylerov pri ispol'zovanii kormovoy dobavki BSh [Morphohistological state of the liver of broiler chickens when using the feed additive WSh] [e-resource] // Bulletin of biotechnology. 2019. No. 2 (19). URL: http://aon.urgau.ru/uploads/article/pdf_attachment/154 (date of reference: 17.02.2022). (In Russian.)

15. 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.

Authors' information:

Mar'ya N. Drozd¹, assistant of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-2345-6789, AuthorID 843196; +7 904 542-58-23, umn100@yandex.ru

Vera M. Usevich¹, candidate of veterinarian sciences, associate professor of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0002-538992-77, AuthorID 654193; +7 904 542-52-25, vus5@yandex.ru

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Методические подходы и экономическое обоснование лицензионных вознаграждений за селекционные достижения в льняном подкомплексе

И. В. Великанова¹✉, Т. А. Рожмина¹, Р. А. Попов¹

¹Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉E-mail: ivvelikanova@mail.ru

Аннотация. В работе изложены результаты научных исследований в области льноводства, основанные на изучении методов и способов расчета величины ставки роялти за селекционное достижение на примере финансово-экономических отношений между ФНЦ ЛК и хозяйствующими субъектами; приведены факторы, которые могут оказать влияние на величину роялти в льняном подкомплексе. Представлены методические подходы для расчета прогнозируемой величины роялти при заключении неисключительного лицензионного договора с потенциальными лицензиатами. Порядок расчета размера авторского вознаграждения за изобретения изложен в ряде нормативно-правовых актов, которые действуют со времен СССР. Однако в настоящее время отсутствует методика расчета вознаграждений за селекционное достижение в области льноводства. **Актуальность** исследования состоит в разработке методики расчета размера обязательных платежей за использование селекционного достижения в льняном подкомплексе. Данная методика позволит ускорить процедуру оценки стоимости селекционных достижений – отечественных сортов льна-долгунца. Применение методики обеспечит повышение эффективности управления селекционными достижениями как материальный активом, приносящим доход научному учреждению. **Цель данного** исследования – разработать методику расчета вознаграждений за использование селекционного достижения, как объекта интеллектуальной собственности, на примере сортов льна-долгунца, созданных в ФГБНУ ФНЦ ЛК, с учетом биологических особенностей культуры и специфики производства в льняном подкомплексе. **Методы.** В ходе исследования применялись методы сравнительного, абстрактно-логического, функционально-стоимостного анализа, экспертной оценки. **Результатом** практического применения являются разработанные авторами новые методические подходы к расчету лицензионного вознаграждения за использование селекционных достижений – сортов льна-долгунца, – учитывающие факторы, влияющие на размер роялти. **Научная новизна** заключается в экономическом обосновании методики расчета лицензионных вознаграждений за использование отечественных сортов льна-долгунца применительно к различным субъектам Российской Федерации и сферам применения льняного сырья (текстиль, медицина и другое) с учетом биологических особенностей культуры и особенностей ее производства.

Ключевые слова: лен-долгунец, селекционные достижения, лицензионные вознаграждения, расчет роялти, селекционный процесс, прогнозируемая величина роялти.

Для цитирования: Великанова И. В., Рожмина Т. А., Попов Р. А. Методические подходы и экономическое обоснование лицензионных вознаграждений за селекционные достижения в льняном подкомплексе // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 82–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-82-92.

Дата поступления статьи: 01.02.2022, **дата рецензирования:** 21.02.2022, **дата принятия:** 28.02.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Инвестирование дополнительных финансовых средств в научно-технические разработки и материальную базу является главным условием достижения высоких результатов в селекционной деятельности. Однако мировой опыт свидетельствует, что в условиях рыночной экономики полагаться только на бюджетное финансирование бесперспективно. Селекция успешно развивается тогда, когда селек-

ционеры имеют свободные оборотные средства, получаемые не только от государства, но и в том числе за счет сбора лицензионных платежей (роялти).

В настоящее время в льняном сырье нуждается не только текстильная промышленность, но и медицинская, химическая, пищевая, а также оборонный комплекс и другие отрасли народного хозяйства. На сегодняшний день потребность страны в волокнистом льносырье составляет 120 тыс. тонн в год при

фактическом объеме производства в 3 раза меньше [2, с. 4]. Важная роль в решении обозначенной проблемы принадлежит селекции, основанной на более полном использовании биологического потенциала культуры, а также современных методов, способных существенно ускорить селекционный процесс.

Следует отметить, что Федеральным научным центром лубяных культур (далее – ФНЦ ЛК) создана сеть элитпроизводящих хозяйств, расположенных в различных субъектах Российской Федерации, что важно для ускорения внедрения современных высокоурожайных сортов льна-долгунца в производство. Однако слабая материально-техническая база научных учреждений по льну-долгунцу сдерживает эффективность как селекционной, так и семеноводческой работы.

В соответствии с законом «О селекционных достижениях» ФНЦ ЛК заключаются лицензионные договоры с льносеющими хозяйствами. Но отсутствие научно-обоснованной методики расчета вознаграждений за селекционные достижения в льняном подкомплексе не позволяет поставить данный вид деятельности в научных учреждениях на должный уровень.

Актуальность работы состоит в разработке методики расчета размера обязательных платежей за использование селекционного достижения в льняном подкомплексе. Данная методика позволит ускорить процедуру оценки селекционных достижений – отечественных сортов льна-долгунца. Применение методики обеспечит повышение эффективности управления стоимостью селекционных достижений как материальным активом, что позволит получать больше потенциальных экономических выгод.

Методология и методы исследования (Methods)

В процессе исследования использовался широкий спектр аналитических методов изучения экономических явлений: монографический, статистический и другие, применялись методы сравнительного, абстрактно-логического, функционально-стоимостного анализа, экспертной оценки, а также методические подходы ведущих ученых, занимающихся изучением экономическо-правовой оценки селекционных достижений в различных отраслях АПК [3–6]. В качестве экспертов выступали ведущие ученые ФНЦ ЛК в области экономики, селекции, семеноводства, агротехнологий возделывания льна-долгунца [7–9].

Результаты (Results)

В основе лицензионной деятельности торговых отношений лежит торговля специфическим товаром – научно-техническими знаниями и опытом, который представляет собой объекты интеллектуальной собственности (селекционные достижения) и научно-техническую документацию [9, с. 71]. Отношения между патентообладателем и лицами, получающими исключительные права на произ-

ведения, регулирует глава 70 ГК РФ. Она определяет, что отношения должны быть подтверждены письменно в виде договора определенного типа. По лицензионному договору одна сторона – патентообладатель (лицензиар) – предоставляет или обязуется предоставить другой стороне – пользователю (лицензиату) – удостоверенное патентом право использования соответствующего селекционного достижения в установленных договором порядке.

Лицензионный договор дает право на использование селекционного достижения, а семена сорта лицензиар предоставляет лицензиату за плату и на приемлемых условиях [4, с. 58].

В экономической практике представляется неоднозначное понятие категории «роялти»:

- периодический платеж за право пользования лицензией на изобретения, нововведения [10, с. 415];
- отчисления от размера посевной площади, занятой селекционным достижением¹;
- процент от продаж, зафиксированный в договоре, который зависит от стоимости услуг франчайзера [11, с. 463].

На практике используется термин «роялти», который обозначает ежегодные обязательные платежи за используемые селекционные достижения по заключенной сделке.

Необходимо учитывать не только формы вознаграждений, но и их зависимость от результатов использования селекционного достижения. Если размер выплат полностью зависит от результатов использования сорта лицензиатом, то вознаграждение называется роялти; если полностью не зависит – это паушальная оплата; если частично зависит – то вознаграждение считается комбинированным (роялти плюс паушальная оплата). Форма вознаграждения оговаривается в лицензионном соглашении (между лицензиаром и лицензиатом) [12, с. 24].

В международной практике часто размер роялти не рассчитывается, а определяется эмпирически на основе среднего показателя заключенных лицензионных сделок в разных отраслях, то есть стандартов роялти. Значения ставок роялти колеблются в пределах от 0,5 % до 20 % от цены единицы продукции или коммерческого оборота. Кроме того, в каждой отрасли существует свой диапазон ставок с минимальными и максимальными значениями [13, с. 8]. Ставки роялти могут изменяться по годам действия лицензионного договора: либо увеличиваться, либо уменьшаться по мере увеличения срока действия.

На практике теоретические и методологические методы оценки селекционных достижений в льноводстве отсутствуют. При этом имеются аналогичные разработки по зерновым культурам, много-

¹ О семеноводстве: Федеральный закон от 17 декабря 1997 г. № 149-ФЗ (в ред. от 11 июня 2021 г.) [Электронный ресурс]. URL: СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 25.11.2021).

летним травам, картофелю и др. [13, с. 10]. Некоторые принципиальные положения этих методик с использованием затратного, рыночного и доходного подходов могут быть применены и в льняном подкомплексе.

Сорт (селекционное достижение) – это охраняемый законом объект интеллектуальной собственности. Под селекционным достижением понимается результат интеллектуальной деятельности селекционера по выведению новых биологических объектов растительного и животного мира, по которому предоставляется правовая защита в случае его соответствия следующим критериям: новизна; стабильность; превосходство [13, с. 14].

Ввиду уникальности каждого селекционного достижения, а также ввиду их комплексной природы вопросы оценки стоимости отчуждаемого права и ставки роялти по лицензионным договорам целесообразно доверить эксперту в данной области знаний. В нашем исследовании на основании предварительного анализа стоимости селекционного достижения, изучения аналогичных подходов и методов оценок иных сельскохозяйственных культур (картофель, зерновые) мы предложили методические подходы расчета авторских вознаграждений за использование сорта льна-долгунца.

Определение величины роялти в льноводстве непосредственно связано со схемой семеноводческого процесса. Согласно ст. 5 Федерального закона от 17.12.1997 № 149-ФЗ «О семеноводстве», категории семян сельскохозяйственных растений разделяются на оригинальные, элитные и репродукционные. Допускается реализация партий семян, сорта которых включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (ст. 30).

Исходя из практики заключения лицензионных договоров на выращивание созданных селекционерами ФНЦ ЛК сортов с различными субъектами экономической деятельности, роялти – это обязательные, безусловные платежи, взимаемые за право пользования сортом в виде ежегодных отчислений денежных средств лицензиару в размере 7 % от стоимости реализованных семян категории «оригинальные семена», 5 % от стоимости реализованных элитных семян и 3 % от стоимости реализованных репродукционных семян.

Размер роялти устанавливается экспертным путем по предыдущему периоду или на основе стандартных отраслевых ставок, если они имеются и используются в практике.

Процент роялти (3–7 % от стоимости реализованных семян в зависимости от их категории) взят за основу с опорой на многолетний опыт работы специалистов – селекционеров, экономистов и агротехников в области льноводства и ряда других селекционных культур. Целесообразность, коррект-

ность и правильность введения величины процента от стоимости реализованных семян нами научно обоснована применительно к льноводству. Считаем, что именно эти проценты необходимо учитывать при расчете величины запрашиваемого аванса. Скользящая ставка роялти стимулирует лицензиата к производству и сбыту продукции, для лицензиара положение также не ухудшается, поскольку у него растет прибыль.

При заключении лицензионных договоров в области льноводства необходимо учитывать специфику производства культуры. Как правило, договоры заключаются на один год – от получения семян свежего урожая до проведения весенне-полевых работ (15 апреля). В договоре прописывается порядок оплаты вознаграждения за использование селекционного достижения. Практикуется следующий порядок уплаты роялти: при получении права на пользование селекционным достижением лицензиат выплачивает первоначальную сумму, размер которой устанавливает лицензиар и прописывает ее в неисключительном лицензионном договоре. Именно величина первоначальной выплаты является важнейшим критерием сделки. Лицензиат должен выступать гарантом, который удовлетворит финансово-экономические требования обеих сторон.

В моделируемой ситуации роялти – это ежегодные обязательные платежи по заключенной сделке, складывающиеся исходя из научно обоснованной прогнозируемой величины конечной продукции с учетом современных среднерыночных цен; региона возделывания допущенных к использованию сортов, согласно Госреестру селекционных достижений РФ; схемы семеноводческого процесса, а также внутрихозяйственных финансово-технологических показателей субъекта экономической деятельности, с которым заключается лицензионный договор.

В экономической литературе наиболее распространенные подходы к оценке стоимости селекционных достижений – это рыночный, затратный, доходный. Они включают в себя различные методы: метод сравнения аналогичных сделок (как правило, 25 %), метод выигрыша в себестоимости, DFC-метод, метод прямой капитализации, метод остаточного дохода и др.

Оценка сорта как объекта интеллектуальной собственности невозможна без учета затрат на его создание [14; 15]. Мы разделяем мнение Е. К. Гордеевой, М. В. Кондратова [5; 16] о том, что реализация затратного метода осложнена длительностью создания сорта. Научное учреждение может нести затраты на создание селекционного достижения на протяжении 10–20 лет, поэтому ученым-экономистам необходимо учитывать несколько факторов (инфляцию, амортизацию оборудования, переменные затраты на производстве и др.), что существенно осложняет их достоверную оценку.

Таблица 1

Расчет размера первоначального взноса за 1 т льносемян при заключении лицензионного договора на селекционные достижения с различными субъектами Северо-Западного региона с учетом репродукции семян

Репродукция семян	Урожайность льносемян, ц/га	Норма высева, кг/га	Площадь, га (в зависимости от нормы высева)	Средняя рыночная цена, тыс. руб/т	Ставка роялти (в % от стоимости реализованных семян с учетом их категории)	Прогнозируемая величина от реализации 1 тонны семян, тыс. руб.	Прогнозируемая величина роялти, тыс. руб.	Размер первоначального взноса (% от прогнозируемой величины роялти)	Поправочный коэффициент по регионам РФ согласно Госреестра селекционных достижений	
									Волго-Вятский	Центральный
1	2	3	4	5	6	$7 = 2 \times 4 / 10 \times 5$	$8 = 7 \times 6 / 100$	9	10	11
Маточная элита 1-го года	3,8	50	20	200	7*	1520	106	30–50	0,8–1,3	1,2–1,5
Маточная элита 2-го года	3,5	60	17	190	7	1131	79	30–50	0,8–1,3	1,2–1,5
Суперэлита	3,5	70	14	130	7	650	45,5	30–50	0,8–1,3	1,2–1,5
Элита	3	80	13	100	5**	375	18,8	50–75	0,8–1,3	1,2–1,5
1-я репродукция	2	100	10	90	3***	180	5,4	50–75	0,8–1,3	1,2–1,5

Примечание. * – оригинальные, ** – элитные, *** – репродукционные сорта.

Таблица 1

Calculation of the amount of the initial payment for 1 ton of flax seeds at the conclusion of a license agreement for breeding achievements with various subjects of the North-Western region, taking into account the reproduction of seeds

Seed reproduction	Flaxseed yield, c/ha	Seeding rate, kg/ha	Area, ha (depending on seeding rate)	Average market price, thousand rub/t	Royalty rate (in % of the cost of seeds sold, taking into account their category)	Projected value from the sale of 1 ton of seeds, thousand rub.	Forecasted amount of royalties, thousand rub.	Down payment amount (% of projected royalty)	Correction factor for the regions of the Russian Federation according to the State Register of Breeding Achievements	
									Volga-Vyatka	Central
1	2	3	4	5	6	$7 = 2 \times 4 / 10 \times 5$	$8 = 7 \times 6 / 100$	9	10	11
Uterine elite of 1 st year	3.8	50	20	200	7*	1520	106	30–50	0.8–1.3	1.2–1.5
Uterine elite of 2 nd year	3.5	60	17	190	7	1131	79	30–50	0.8–1.3	1.2–1.5
Super Elite	3.5	70	14	130	7	650	45.5	30–50	0.8–1.3	1.2–1.5
Elite	3	80	13	100	5**	375	18.8	50–75	0.8–1.3	1.2–1.5
1 st reproduction	2	100	10	90	3***	180	5.4	50–75	0.8–1.3	1.2–1.5

Note. * – original, ** – elite, *** – reproduction.

Невозможность использования затратного метода при создании новых сортов льна-долгунца обусловлена тем, что наряду с традиционными задачами, направленными на повышение продуктивности, появились иные требования рынка к качеству волокна с учетом сферы использования льносырья. Более того, усиление влияния неблагоприятных факторов среды вызывает необходимость в создании адаптивных сортов, способных формировать стабильную продуктивность и высокое качество волокнистой льнопродукции при различных условиях выращивания [15]. Таким образом, усилия селекционеров направлены на объединение в сорте льна-долгунца целого комплекса традиционных и новых селекционно-значимых признаков и преодоления при этом отрицательных связей между ними, что затрудняет проведение оценки затратной составляющей на создание сорта.

В своей работе мы оперировали предложенным Р. Хаметовым методом освобождения от роялти, где определяется ставка роялти, которая является процентом от выручки, полученной лицензиатом в процессе использования селекционного достижения в хозяйственной деятельности. Впоследствии рассчитывается дисконтированная сумма платежей лицензиару за весь срок полезного использования селекционного достижения. Стоимость селекционного достижения рассчитывается с применением процедуры дисконтирования величины получаемой прибыли [12, с. 14].

Однозначно определить эффективность того или иного метода на начальном этапе выведения нового сорта не представляется возможным, так как селекция носит вероятностный характер, то есть невозможно с уверенностью утверждать, что многолетний процесс разработки селекционного достижения даст стопроцентно положительный результат, несмотря на значительные материальные и временные затраты, понесенные организацией. Ввиду непредсказуемости и сложности селективного процесса и особенностей каждого из выше-названных методов селекции оценка соотношения понесенных затрат и полученного эффекта должна проводиться специальной комиссией, состоящей из экспертов в области как экономики, так и селекции и семеноводства [16, с. 8].

Для определения размера роялти необходимо применять гибкий механизм оценки вознаграждений. Для прогнозирования данной величины применительно к культуре льна-долгунца использовали финансово-технологическую методику, основу которой составил расчет размера обязательных взносов на основании схемы семеноводческого процесса.

В таблице 1 представлен расчет потенциально-го размера аванса при заключении лицензионного договора на сорта льна-долгунца между ФНЦ ЛК и льносеющими предприятиями Северо-Западного региона РФ с учетом репродукции семян. Средне-

рыночная цена указана согласно установленным актуальным ценам на сельскохозяйственную продукцию ФНЦ ЛК в 2021 г.

Первоначальные платежи в большинстве случаев рассматриваются как аванс и служат своего рода гарантией серьезности намерений лицензиата [16].

В льноводстве роялти играет важную роль при заключении сделки и является важным этапом в процессе заключения лицензионного договора. Величина роялти является неким гарантом получения выгоды лицензиара. Ее размер целесообразно дифференцировать, учитывая категорию используемых семян. Так, например, среднерыночная цена реализации маточной элиты в два раза выше, чем репродукционных семян, следовательно, размер аванса будет существенно различаться.

В таблице 1 наглядно представлена схема расчета величины роялти (графа 9), учитывающая урожайность семян, норму высева, среднерыночную цену реализации, а также размер роялти, процент которого зависит от стоимости и категории реализованных семян. Размер роялти в рублях предложен на основании экспертной оценки специалистом в области льноводства, рассчитанный в процентном соотношении от величины прогнозируемой прибыли от использования селекционного достижения.

В своих расчетах мы учитывали регион возделывания семян льна-долгунца. Поэтому, руководствуясь экспертными оценками ученых-селекционеров, мы ввели поправочный коэффициент по регионам согласно Госреестру селекционных достижений РФ.

В таблице 2 представлен расчет величины роялти с опорой на введенный нами дисконт (скидку) в зависимости от объема реализованной продукции, категории семян и потенциальных льносеющих организаций-покупателей. Рассмотрим принцип расчета роялти на примере использования семян первой репродукции. Согласно Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 14.07.2012 № 717² [18], льноводство является приоритетной подотраслью развития отечественного агропромышленного комплекса. Для дальнейшего повышения эффективности отечественного семеноводства мы в своих расчетах и разрабатываемой методике также предлагаем меры, направленные на стимулирование льносеющих предприятий. Так, для семян первой репродукции нами предусмотрен дисконт в размере от 20 до 75 %, с учетом объема реализованных семян (свыше 10, 30, 50 и 100 тонн).

² Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70210644> (дата обращения: 12.12.2021).

Таблица 2
Расчет величины роялти за 1 тонну семян льна-долгунца первой репродукции в зависимости от объема реализованных льносемян

Дисконт, %	Объем реализации семян, т	Элита			Первая репродукция		
		Роялти, тыс. руб.	Величина скидки, тыс. руб.	Роялти с учетом скидки, тыс. руб.	Роялти, тыс. руб.	Величина скидки, тыс. руб.	Роялти с учетом скидки тыс. руб.
10	10,0–29,9	18,8	2,8	16,0	5,4		
20		18,8	3,8	15,0	5,4	1,1	4,3
25	30,0–49,9	18,8	4,7	14,1	5,4	1,4	4,1
30		18,8	5,6	13,2	5,4	1,6	3,8
40	50,0–100,0	18,8	7,5	11,3	5,4	2,2	3,2
50		18,8	9,4	9,4	5,4	2,7	2,7
60	Свыше 100,0	18,8	11,3	7,5	5,4	3,2	2,2
70		18,8	13,2	5,6	5,4	3,8	1,6
75		18,8	14,1	4,7	5,4	4,1	1,4

Таблица 2
Calculation of the royalty amount for 1 ton of flax seeds of 1st reproduction depending on the volume of flax seeds sold

Discount, %	Sales volume of seeds, t	Elite			1 st reproduction		
		Royalties, thousand rub.	Discount amount, thousand rub.	Royalties including discount thousand rub.	Royalties, thousand rub.	Discount amount, thousand rub.	Royalties including discount thousand rub.
10	10.0–29.9	18.8	2.8	16.0	5.4		
20		18.8	3.8	15.0	5.4	1.1	4.3
25	30.0–49.9	18.8	4.7	14.1	5.4	1.4	4.1
30		18.8	5.6	13.2	5.4	1.6	3.8
40	50.0–100.0	18.8	7.5	11.3	5.4	2.2	3.2
50		18.8	9.4	9.4	5.4	2.7	2.7
60	Over 100.0	18.8	11.3	7.5	5.4	3.2	2.2
70		18.8	13.2	5.6	5.4	3.8	1.6
75		18.8	14.1	4.7	5.4	4.1	1.4

Таблица 3

Расчет величины роялти за 1 тонну в зависимости от категории и объема реализованных семян льна-долгунца

Дисконт, %	Объем реализации семян, т	Маточная элита 1-го года			Маточная элита 2-го года			Суперэлита		
		Роялти, тыс. руб.	Величина скидки, тыс. руб.	Роялти с учетом скидки тыс. руб.	Роялти, тыс. руб.	Величина скидки, тыс. руб.	Роялти с учетом скидки тыс. руб.	Роялти, тыс. руб.	Величина скидки, тыс. руб.	Роялти с учетом скидки тыс. руб.
5	1-3	106	5,30	100,7	79	3,95	75,05	45,5	2,28	43,23
10		106	10,60	95,4	79	7,9	71,1	45,5	4,55	40,95
15		106	15,90	90,1	79	11,85	67,15	45,5	6,83	38,68
20	3,1-5,0	106	21,20	84,8	79	15,8	63,2	45,5	9,10	36,40
25		106	26,50	79,5	79	19,75	59,25	45,5	11,38	34,13
30		106	31,80	74,2	79	23,7	55,3	45,5	13,65	31,85
35	5,1-10	106	37,10	68,9	79	27,65	51,35	45,5	15,93	29,58
40		106	42,40	63,6	79	31,6	47,4	45,5	18,20	27,30
45		106	47,70	58,3	79	35,55	43,45	45,5	20,48	25,03
50	Более 10	106	53,00	53	79	39,5	39,5	45,5	22,75	22,75

Table 3

Calculation of royalties per 1 ton depending on the category and volume of fiber flax seeds sold

Discount, %	Sales volume of seeds, t	Uterine elite of 1 st year			Uterine elite of 2 nd year			Superelite		
		Royalties, thousand rub.	Discount amount, thousand rub.	Royalties including discount thousand rub.	Royalties, thousand rub.	Discount amount, thousand rub.	Royalties including discount thousand rub.	Royalties, thousand rub.	Discount amount, thousand rub.	Royalties including discount thousand rub.
5	1-3	106	5.30	100.7	79	3.95	75.05	45.5	2.28	43.23
10		106	10.60	95.4	79	7.9	71.1	45.5	4.55	40.95
15		106	15.90	90.1	79	11.85	67.15	45.5	6.83	38.68
20	3,1-5,0	106	21.20	84.8	79	15.8	63.2	45.5	9.10	36.40
25		106	26.50	79.5	79	19.75	59.25	45.5	11.38	34.13
30		106	31.80	74.2	79	23.7	55.3	45.5	13.65	31.85
35	5,1-10	106	37.10	68.9	79	27.65	51.35	45.5	15.93	29.58
40		106	42.40	63.6	79	31.6	47.4	45.5	18.20	27.30
45		106	47.70	58.3	79	35.55	43.45	45.5	20.48	25.03
50	Over 10	106	53.00	53	79	39.5	39.5	45.5	22.75	22.75

Представленные расчеты – это готовый рекомендательно-методический материал установления цены лицензиату за использование селекционного достижением в льноводстве. Стоимость селекционного достижения с учетом инфляции может меняться, но не чаще одного раза в год и только на новый урожай последующего года. Для определения размера роялти важно учитывать финансово-экономическое состояние потенциального покупателя селекционного достижения. Для этого мы условно ранжировали хозяйствующие субъекты по группам и зонам (А – зеленая зона, В – желтая зона, С – красная зона), учитывая финансово-аналитические показатели (таблица 4).

Приведенные выше факторы носят условный характер и показывают возможность дифференциации ставки роялти в зависимости от финансового состояния и технической оснащенности потенциального клиента. Ввиду конфиденциальности информации бухгалтерской отчетности многие хозяйствующие субъекты могут не предоставить данные, но по запросу они должны быть предоставлены

оригинатору. Величина поправочного коэффициента представляет собой расчетную сумму роялти, умноженную на поправочный коэффициент в размере ключевой ставки ЦБ РФ (не больше).

Низкорентабельные (убыточные) хозяйства не имеют возможности выплачивать роялти ни в полном объеме, ни с разбивкой с авансом по частям. Возможным выходом может быть предоставление им результатов интеллектуальной собственности и инновационных технологий НИУ на условиях участия в прибыли, получаемой от их использования. Поскольку семена высших репродукций более продуктивны, чем семена с товарных посевов, их передача хозяйствующему субъекту осуществляется на условиях возмещения разработчику затрат из прибыли, превышающей среднюю прибыль от выращивания льна в данном хозяйстве за последние несколько лет. Предусматриваются варианты страховки на случай неблагоприятных погодных условий или несоблюдения технологий выращивания на всем этапе выполнения операций – от предпосевной обработки до уборки и транспортировки льна.

Таблица 4
Факторы, влияющие на размер роялти

Факторы, влияющие на размер роялти	Субъект группы А (зеленая зона)	Субъект группы В (желтая зона)	Субъект группы С (красная зона)
Поправочный коэффициент	1,0	1,1	1,2
Уровень рентабельности хозяйствующего субъекта, %	5–10	0–5	< 0
Финансовое состояние	Стабильное	Закредитованность	Близко к банкротству
Уровень технической оснащенности (коэффициент фондоотдачи)	$K_{\phi} > 1$	$K_{\phi} = 1$	$K_{\phi} < 1$
Постоянство субъекта в сделках, раз	Более 5	1–5	Впервые
Регион размещения семян (почвенно-климатические условия)	Центральный	Северо-Западный	Волго-Вятский
Категория семян	Оригинальные семена, элита	Оригинальные семена, элита, репродукционные	Репродукционные
Цель дальнейшего использования	Посев, продажа	Посев, продажа	Посев
Кадровый состав (ведение схемы семеноводства)	Укомплектован полностью	Укомплектован наполовину	Дефицит кадров

Table 4
Factors affecting the amount of royalties

Factors affecting the amount of royalties	Group A subject (green zone)	Group B subject (yellow zone)	Group C subject (red zone)
Correction factor	1,0	1,1	1,2
Level of profitability of an economic entity, %	5–10	0–5	< 0
Financial condition	Stable	Creditworthiness	Close to bankruptcy
The level of technical equipment (coefficient of return on funds)	$C > 1$	$C = 1$	$C < 1$
Constancy of the subject in transactions, times	More 5	1–5	For the first time
Region of seed placement (soil and climatic conditions)	Central	Northwestern	Volga-Vyatka
Seed category	Original seeds, elite	Original seeds, elite, reproduction	Reproduction
Purpose of further use	Sowing, sale	Sowing, sale	Sale
Personnel (maintenance of the seed production scheme)	Completely equipped	Half staffed	Personnel shortage

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По итогам работы представлены результаты научных исследований в области льноводства, основанных на изучении методов и способов расчета величины ставки роялти за селекционное изобретение на примере финансово-экономических отношений, возникающих между ФНЦ ЛК и хозяйствующими субъектами; приведены факторы, которые могут оказать влияние на величину роялти в льняном подкомплексе. Изложенные методические подходы к определению размера роялти учитывают особен-

ности выведения новых селекционных достижений в области льноводства, способствуют разработке финансово-экономических инструментов, обеспечивающих повышение эффективности управления заключением лицензионных договоров с различными экономическими субъектами хозяйствования.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственных заданий ФНЦ ЛК FGSS-2022-0005 и FGSS-2019-2016.

Библиографический список

1. Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Понажев В. П., Захарова Л. М. Льняная отрасль на пути к возрождению // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 3–8.
2. Kulov A. R., Gurieva L. K. Formation and development of innovative agricultural system of the republic of South Ossetia [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number 012010. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/650/1/012010> (date of reference: 20.01.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012010.
3. Мухаметжанов А. С., Фомин О. С. Государственное регулирование развития селекции // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 9. С. 143–152.
4. Лукашов Н. В., Банникова М. А. Оценка экономической эффективности проектов, основанных на лицензионной передаче технологий // Инновации и инвестиции. 2019. № 5. С. 57–61.
5. Гордеева Е. К., Кондратов М. В. Особенности коммерциализации селекционных достижений // Управление в современных системах. 2018. № 3 (19). С. 3–8.
6. Gholipoor P., Mozaffari M. Designing a strategic foresight model in small and medium-sized enterprises // International Journal of Foresight and Innovation Policy. 2020. Vol. 14. No. 2-4. Pp. 292–313.
7. Попов Р. А., Великанова И. В. Проблемы и Перспективы развития льняного подкомплекса в условиях трансформации мер государственной поддержки // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 43–48. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-9-43-48.
8. Ущаповский И. В., Васильев А. С., Щеголихина Т. А., Федоренко В. Ф., Мишуров Н. П., Голубев И. Г. Анализ состояния и перспективные направления развития селекции и семеноводства технических культур: науч. анализ. обзор. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 72 с.
9. Гордеева Е. К., Кондратов М. В., Пестунов М. А. Элементы методики определения авторского вознаграждения за создание селекционных достижений // Интеллектуальная собственность и инновации: материалы X международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2018. С. 70–78.
10. Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. Изд 6-е., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2019. 512 с.
11. Архипцова Я. А., Гребеник В. В. Методы стоимостной оценки объектов интеллектуальной собственности // StudNet. 2020. № 6. С. 462–466.
12. Методические рекомендации по расчету вознаграждения (ставок роялти) за использование товарных знаков (с примером) / Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Смирнов [и др.]. 20-е издание, перераб. и доп. Москва, 2018. 43 с.
13. Кабунин А. А., Кабунина И. В. Оценка селекционного материала картофеля на основе изучения параметров производственного процесса и морфо-биологических характеристик селекционных образцов // Нива Поволжья. 2019. № 3 (52). С. 9–15.
14. Раева И. В. Определение величины лицензионных платежей за использование товарного знака // Colloquium-journal. 2020. № 14 (66). С. 66–68. DOI: 10.24411/2520-6990-2020-11921.
15. Dmitriev A. A., Pushkova E. N., Novakovskiy R. O. et al. Genome sequencing of fiber flax cultivar Atlant using Oxford Nanopore and Illumina platforms [e-resource] // Frontiers in Genetics. 2021. Vol. 11. No. Jan. URL: https://www.researchgate.net/publication/348491025_Genome_Sequencing_of_Fiber_Flax_Cultivar_Atlant_Using_Oxford_Nanopore_and_Illumina_Platforms (date of reference: 10.01.2022). DOI: 10.3389/fgene. 2020. 590282.
16. Гордеева Е. К., Река Н. Г., Кондратов М. В. Селекционное достижение как экономическая категория // Управление в современных системах. 2018. № 2 (18). С. 7–11.

Об авторах:

Ирина Витальевна Великанова¹, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, ORCID 0000-0002-9478-9844, AuthorID 997868; +7 904 013-90-28, ivvelikanova@mail.ru

Татьяна Александровна Рожмина¹, доктор биологических наук, заведующий лабораторией селекционных технологий Обособленного подразделения Института льна, ORCID 0000-0002-8204-7341, AuthorID 103289; +7 905 604-11-84, ten_rozhmina@mail.ru

Роман Андреевич Попов¹, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, ORCID 0000-0002-9400-3530, AuthorID 1034470; +7 920 695-46-42, r.popov@fncl.ru

¹Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Methodological approaches and economic justification of licensing fees for breeding achievements in the flax subcomplex

I. V. Velikanova^{1✉}, T. A. Rozhmina¹, R. A. Popov¹

¹Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

✉E-mail: ivvelikanova@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of scientific research in the field of flax growing, based on the study of methods and methods for calculating the value of the royalty rate for a selection achievement on the example of financial and economic relations between the Federal State Budgetary Institution of the LC and economic entities, the factors that can influence the amount of royalties in the flax subcomplex are given. Methodological approaches for calculating the projected amount of royalties at the conclusion of a non-exclusive license agreement with potential licensees are presented. The procedure for calculating the amount of royalties for inventions is set out in a number of regulatory legal acts that have been in force since the USSR. However, there is currently no methodology for calculating rewards for breeding achievements in the field of flax growing. **The relevance** of the study is to develop a methodology for calculating the amount of mandatory payments for the use of a selection achievement in a linen subcomplex. This technique will speed up the procedure for assessing the cost of breeding achievements – domestic varieties of flax. The application of the methodology will ensure an increase in the efficiency of the management of breeding achievements as a material asset that brings income to a scientific institution. **The purpose** of this study is to develop a methodology for calculating rewards for the use of a selection achievement as an object of intellectual property, using the example of flax varieties created in the FSBI FNC LC, taking into account the biological characteristics of the culture and the specifics of production in the flax subcomplex. **Methods.** In the course of the study, methods of comparative, abstract-logical, functional-cost analysis, expert evaluation were used. **The result** of practical application is the new methodological approaches developed by the authors to the calculation of the license fee for the use of breeding achievements – flax varieties, taking into account factors affecting the amount of royalties. **The scientific novelty.** It consists in the economic justification of the methodology for calculating license fees for the use of domestic varieties of flax in relation to various subjects of the Russian Federation and the areas of application of flax raw materials (textiles, medicine, etc.), taking into account the biological characteristics of the culture and the specifics of its production.

Keywords: flax, breeding achievements, license fees, royalty calculation, selection process, projected royalty amount.

For citation: Velikanova I. V., Rozhmina T. A., Popov R. A. Metodicheskie podkhody i ekonomicheskoe obosnovanie litsenzyonnykh voznagrazhdeniy za selektsionnye dostizheniya v l'nyanom podkomplekse [Methodological approaches and economic justification of licensing fees for breeding achievements in the flax subcomplex] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (219). Pp. 82–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-82-92. (In Russian.)

Date of paper submission: 01.02.2022, **date of review:** 21.02.2022, **date of acceptance:** 28.02.2022.

References

1. Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Ponazhev V. P., Zakharova L. M. L'nyanaya otrasl' na puti k vozrozhdeniyu [The flax industry is on the way to revival] // Zashchita i karantin rasteniy. 2018. No. 1. Pp. 3–8. (In Russian.)
2. Kulov A. R., Gurieva L. K. Formation and development of innovative agricultural system of the republic of South Ossetia [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number 012010. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/650/1/012010> (date of reference: 20.01.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012010.

3. Mukhametzhonov A. S., Fomin O. S. Gosudarstvennoe regulirovanie razvitiya selektsii [State regulation of breeding development] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. No. 9. Pp. 143–152. (In Russian.)
4. Lukashov N. V., Bannikova M. A. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti proektov, osnovannykh na litsenzi-onnoy peredache tekhnologii [Assessment of the economic efficiency of projects based on licensed technology transfer] // Innovatsii i investitsii. 2019. No. 5. Pp. 57–61. (In Russian.)
5. Gordeeva E. K., Kondratov M. V. Osobennosti kommersializatsii selektsionnykh dostizheniy [Features of the commercialization of breeding achievements] // Upravlenie v sovremennykh sistemakh. 2018. No. 3 (19). Pp. 3–8. (In Russian.)
6. Gholipoor P., Mozaffari M. Designing a strategic foresight model in small and medium-sized enterprises // International Journal of Foresight and Innovation Policy. 2020. Vol. 14. No. 2-4. Pp. 292–313.
7. Popov R. A., Velikanova I. V. Problemy i perspektivy razvitiya l'nyanogo podkompleksa v usloviyakh transformatsii mer gosudarstvennoy podderzhki [Problems and prospects of development of the linen subcomplex in the conditions of transformation of state support measures] // Machinery and Equipment for Rural Area. 2020. No. 9 (279). Pp. 43–48. (In Russian.)
8. Ushchapovskiy I. V., Vasil'ev A. S., Shchegolikhina T. A., Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Golubev I. G. Anal-iz sostoyaniya i perspektivnye napravleniya razvitiya selektsii i semenovodstva tekhnicheskikh kul'tur: nauch. analit. obzor. [Analysis of the state and promising directions of development of breeding and seed production of industrial crops: scientific analytical review]. Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2019. 72 p. (In Russian.)
9. Gordeeva E. K., Kondratov M. V., Pestunov M. A. Elementy metodiki opredeleniya avtorskogo voznagrazh-deniya za sozдание selektsionnykh dostizheniy [Elements of the methodology for determining the author's remuneration for the creation of breeding achievements] // Intellektual'naya sobstvennost' i innovatsii: materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2018. Pp. 70–78. (In Russian.)
10. Rayzberg B. A., Lozovskiy L. Sh. Starodubtseva E. B. Sovremennyy ekonomicheskii slovar' [Modern eco-nomic dictionary]. 6th ed., revised and supplemented. Moscow: INFRA-M, 2019. 512 p. (In Russian.)
11. Arkhiptsova Ya. A., Grebenik V. V. Metody stoimostnoy otsenki ob'ektov intellektual'noy sobstvennosti [Methods of valuation of intellectual property objects] // StudNet. 2020. No. 6. Pp. 462–466. (In Russian.)
12. Metodicheskie rekomendatsii po raschetu voznagrazhdeniya (stavok royalti) za ispol'zovanie tovarnykh znakov (s primerom) [Methodological recommendations on the calculation of remuneration (royalty rates) for the use of trademarks (with an example)] / G. G. Azgal'dov, A. V. Kostin, V. V. Smirnov et al. 20th ed., revised and supplemented. Moscow, 2018. 43 p. (In Russian.)
13. Kabunin A. A., Kabunina I. V. Otsenka selektsionnogo materiala kartofelya na osnove izucheniya parametrov produktionnogo protsessa i morfo-biologicheskikh kharakteristik selektsionnykh obraztsov [Evaluation of potato breeding material based on the study of the parameters of the production process and morpho-biological characteristics of breeding samples] // Niva Povolzhya. 2019. No. 3 (52). Pp. 9–15. (In Russian.)
14. Raeva I. V. Opredelenie velichiny litsenzionnykh platezhey za ispol'zovanie tovarnogo znaka [Determination of the amount of royalties for the use of a trademark] // Colloquium-journal. 2020. No. 14 (66). Pp. 66–68. (In Russian.)
15. Dmitriev A. A., Pushkova E. N., Novakovskiy R. O. et al. Genome sequencing of fiber flax cultivar Atlant using Oxford Nanopore and Illumina platforms [e-resource] // Frontiers in Genetics. 2021. Vol. 11. No. Jan. https://www.researchgate.net/publication/348491025_Genome_Sequencing_of_Fiber_Flux_Cultivar_Atlant_Using_Oxford_Nanopore_and_Illumina_Platforms URL: https://www.researchgate.net/publication/348491025_Genome_Sequencing_of_Fiber_Flux_Cultivar_Atlant_Using_Oxford_Nanopore_and_Illumina_Platforms (date of reference: 10.01.2022). DOI: 10.3389/fgene. 2020. 590282.
16. Gordeeva E. K., Reka N. G., Kondratov M. V. Seleksionnoe dostizhenie kak ekonomicheskaya kategoriya [Selection achievement as an economic category] // Upravlenie v sovremennykh sistemakh. 2018. No. 2 (18). Pp. 7–11. (In Russian.)

Authors' information:

Irina V. Velikanova¹, candidate of economic sciences, leading researcher of the laboratory of agroengineering technologies, ORCID 0000-0002-9478-9844 AuthorID 997868; + 7 904 013-90-28, ivvelikanova@mail.ru

Tatyana A. Rozhmina¹, doctor of biological sciences, head of the laboratory of breeding technologies of a Separate division Flax Institute, ORCID 0000-0002-8204-7341, AuthorID 103289; +7 905 604-11-84, len_rozhmina@mail.ru

Roman A. Popov¹, candidate of technical sciences, leading researcher of the laboratory of agroengineering technologies, ORCID 0000-0002-9400-3530, AuthorID 1034470; +7 920 695-46-42, r.popov@fncl.ru

¹ Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

Проблемы и перспективы сотрудничества КНР и РФ в сельском хозяйстве

Чэнь Цюцзе¹✉

¹ Институт России Академии общественных наук провинции Хэйлунцзян, Харбин, Китайская Народная Республика

✉ E-mail: 284748191@qq.com

Аннотация. Цель настоящего исследования – уточнение места китайско-российского сельскохозяйственного сотрудничества для КНР в условиях китайско-американских торговых трений, выявление основных факторов, оказывающих позитивное и негативное влияние на взаимодействие в области сельского хозяйства между КНР и РФ. Для реализации цели установлены следующие задачи: 1) проанализировать состояние сельскохозяйственного взаимодействия между КНР и РФ; 2) исследовать проблемы в сельскохозяйственном сотрудничестве между КНР и РФ на данном этапе; 3) оценить влияние китайско-американских торговых трений на китайско-российское сотрудничество в сфере сельского хозяйства. Методы. Применялись статистический, аналитический и графический методы. Для выявления влияния китайско-американских торговых трений на сельскохозяйственное сотрудничество между КНР и РФ использовался корреляционно-регрессионный анализ. **Результаты.** Сельскохозяйственное сотрудничество с США и РФ является важной частью международного сотрудничества в области сельского хозяйства для Китая. Китайско-американские торговые трения в какой-то степени косвенно способствовали сельскохозяйственному сотрудничеству между КНР и РФ. Объем торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией в 2020 г. составил 5,544 млрд долларов США, из которых импорт сельскохозяйственной продукции КНР из РФ достиг 4,087 млрд долларов США, и Китай стал крупнейшим экспортером российской сельскохозяйственной продукции. Основная причина заключается в том, что под влиянием китайско-американских торговых трений КНР и РФ активно отреагировали и скорректировали направления сельскохозяйственного сотрудничества между двумя странами. Во-первых, Китай расширил виды и объем импортируемой из России сельскохозяйственной продукции, создал благоприятную среду для торговли. Во-вторых, Китай и Россия воспользуются возможностью «сотрудничества во всей цепочке сельскохозяйственной отрасли» для создания взаимовыгодной инвестиционной среды. В-третьих, будет оказано содействие созданию инновационных платформ и механизмов научных исследований и технологий в сфере сельского хозяйства. **Научная новизна** заключается в оценке влияния китайско-американских торговых трений на сельскохозяйственное взаимодействие между КНР и РФ и его тенденций в перспективе.

Ключевые слова: китайско-американские торговые трения, китайско-российское сельскохозяйственное сотрудничество, торговля сельскохозяйственной продукцией, инвестиции в область сельского хозяйства, механизм сотрудничества.

Для цитирования: Чэнь Цюцзе. Проблемы и перспективы сотрудничества КНР и РФ в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-93-102.

Дата поступления статьи: 27.01.2022, **дата рецензирования:** 10.02.2022, **дата принятия:** 28.02.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Китай и Россия в качестве соседей и стратегических партнеров имеют существенное влияние на политику, экономику и социальное развитие в мире. История их взаимодействия в области сельского хозяйства является долгой [1, с. 84]. В последние годы произошел ряд изменений в международной обстановке и аграрной политике двух стран. После вхождение Крыма в состав РФ в 2014 г. западные страны ввели санкции в отношении РФ. В связи с

этим Россия активно реагировала на корректировку своей стратегии сельскохозяйственного развития и продвинула политику импортозамещения [2, с. 91]. Чтобы свести к минимуму влияние китайско-американских торговых трений на сельское хозяйство страны, Китай постоянно корректировал свою политику в области торговли сельскохозяйственной продукцией с 2018 г. [3, с. 18], в том числе увеличил импорт сельскохозяйственной продукции из России и диверсифицировал каналы импорта сельско-

хозяйственной продукции. Эти меры стали одними из средств, которые помогают стране преодолеть трудности в условиях китайско-американских торговых трений [4, с. 38]. Как китайско-американские торговые трения влияют на сельскохозяйственное сотрудничество между КНР и РФ, какова тенденция сельскохозяйственного сотрудничества обеих стран в будущем и как выбрать путь сотрудничества – это сложные проблемы, которые необходимо решить в настоящее время.

С внедрением механизма сельскохозяйственного сотрудничества БРИКС и реализацией инициативы «Один пояс, один путь» углубляется сельскохозяйственное взаимодействие между КНР и РФ в последние годы, особенно были достигнуты отличные результаты в сферах торговли продукцией, инвестиций, науки и технологий в сельском хозяйстве [5, с. 26]. На фоне китайско-американских торговых трений получило дальнейшее развитие сельскохозяйственное взаимодействие между КНР и РФ [4, с. 41], которое стало их важной гарантией для того, чтобы справиться с международными изменениями.

1. Увеличение торговли сельскохозяйственной продукцией

В 2010 г. в Москве состоялась первая встреча министров сельского хозяйства стран БРИКС, на которой четко указывалось, что торговля продукцией и инвестиции являются одной из важных областей сельскохозяйственного сотрудничества БРИКС в будущем [6, с. 153]. Объем торговли сельскохозяйственной продукцией между КНР и РФ в 2020 г. составил 5,544 млрд долларов США – рост по сравнению с 2010 г. произошел на 89,67 % (рис. 1). Среди них объем импорта сельскохозяйственной продукции КНР из РФ составил 4,087 млрд долларов США. КНР стал крупнейшим экспортером сельскохозяйственной продукции для России. Таким образом, в 2020 г. дефицит КНР в сельскохозяйственной продукции с РФ достигнет 2,629 млрд долларов США, увеличившись в 22 раза по сравнению с 73 млн долларов США в 2016 г. Уровень концентрации торговли сельскохозяйственной продукцией между Китаем и Россией относительно высок. Основной сельскохозяйственной продукцией из РФ, импортируемой Китаем, являются масличные и морепродукты, а для Китая основной продукцией, экспортируемой в Россию, являются фрукты, овощи и орехи. Согласно статистике Министерства торговли КНР, в 2019 г. объем мороженой рыбы, импортированной Китаем из России, составил 1,721 млрд долларов США, что составляет 31,4 % от общего объема китайского импорта сельскохозяйственной продукции из России. В 2019 г. экспорт цитрусовых из Китая в Россию составил 169 млн долларов США, что составляет 8,95 % экспорта сельскохозяйственной продукции Китая в Россию [7].

2. Расширение общего масштаба сельскохозяйственных инвестиций

Прямые иностранные инвестиции в сельское хозяйство являются важным средством укрепления сотрудничества в области сельскохозяйственного производства и содействия его преобразованию и развитию [8, с. 104]. С помощью благоприятной инвестиционной политики инвестиции Китая в российское сельское хозяйство показывают «двойной рост» как в масштабе, так и в количестве сфер в последние годы. С одной стороны, масштабы инвестиций в целом увеличиваются. В 2018 г. объем потока сельскохозяйственных инвестиций Китая в Россию составил 166 млн долларов США, а объем запасов инвестиций – 971 млн долларов США, увеличившись по сравнению с предыдущим годом на 38,3 % и 44,9 % соответственно, что привело к снижению потоков и запасов сельскохозяйственных инвестиций Китая в Россию в 2017 г. При этом в 2018 г. поток и запасы сельскохозяйственных инвестиций Китая в Россию составили 7,55 % и 4,92 % от их общего объема КНР за рубежом соответственно [9, с. 2]. Кроме того, в 2018 г. в российское сельское хозяйство инвестировали 78 китайских компаний, что на 8 больше, чем в 2017 г. [9, с. 4]. С другой стороны, инвестиционные сферы расширяются. Растениеводство, особенно зерновое, является традиционной сферой китайских аграрных инвестиций в России. В настоящее время оно развивается от посева до переработки, складирования и логистики [10, с. 99]. В 2018 г. приток инвестиций и запасы Китая в российскую растениеводческую сферу составляли около 80 % от общей доли притока и запасов сельскохозяйственных инвестиций в России [9, с. 20].

3. Стабильность субъектов сотрудничества в области сельскохозяйственной науки и техники

Китайско-российское сотрудничество в области науки и техники сельского хозяйства началось рано. В июне 1997 г. в рамках Комитета по регулярным встречам премьер-министров Китая и России был создан подкомитет по сотрудничеству в области науки и техники. Взаимодействие науки и техники в сфере сельского хозяйства является одной из важных областей и непрерывно развивается.

С одной стороны, субъекты китайско-российского сотрудничества в области сельскохозяйственной науки и техники постепенно стабилизируются. Китайская сторона включает научно-исследовательские институты на государственном и провинциальном уровнях, например, Академия сельскохозяйственных наук КНР, академии сельскохозяйственных наук провинций Хэйлунцзян, Цилинь, Ляонин и некоторые аграрные университеты. В состав российской стороны входят НИИ РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР), Санкт-Петербургский государственный аграрный универ-

ситет, Всероссийский научно-исследовательский институт сои (ВНИИ сои), Сибирское отделение РАН, Дальневосточный региональный аграрный научный центр и Дальневосточный государственный аграрный университет (ДГАУ) и др.

С другой стороны, сферы сотрудничества сельскохозяйственной науки и техники между КНР и РФ корректируются.

Во-первых, производятся охрана ресурсов зародышевой плазмы и совместная селекция. Китай и Россия осуществляют обмен и улучшение разнообразия ресурсов зародышевой плазмы, таких как соя, кукуруза, пшеница, конопля.

Во-вторых, осуществляются комплексная технология борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур и насекомыми-вредителями и защита растений. Китай и Россия сотрудничают в области борьбы с травяным мотыльком, биосурфактантов и технологий биологической борьбы с посевами.

В-третьих, совершаются исследования и болезней животных и разработка вакцин. Ветеринарные ведомства Китая, Монголии и России ежегодно проводят семинар по профилактике трансграничных болезней животных и борьбе с ними.

В-четвертых, проводятся экологизация пастбищ и охрана земельных и рыбных ресурсов. Китай и Россия сотрудничают в области пастбищных ресур-

сов и экологии умеренной зоны Евразии, производства пастбищ, деятельности человека и политики в отношении пастбищ. В то же время Китай и Россия учредили Смешанный комитет двухстороннего сотрудничества в области рыболовства для руководства совместной деятельностью по обеспечению соблюдения законов о рыболовстве, разведения и выпуска осетровых в китайско-российских пограничных водах, а также для совместного сотрудничества в таких научно-исследовательских проектах, как рыболовство, водные продукты аквакультуры и глубокая переработка.

Методология и методы исследования (Methods)

В процессе исследования были использованы статистический, аналитический и графический методы. Информационно-аналитической базой для анализа послужили данные Министерства торговли КНР, Главного таможенного управления КНР, официальные сайты международных организаций.

Результаты (Results)

В процессе китайско-американских торговых тренений в сельском хозяйстве КНР были выявлены некоторые проблемы. Во-первых, структура сельского хозяйства нелогична. Основные масличные культуры, такие как соя, сильно зависят от импорта, причем их источники импорта сконцентрированы, что приводит к риску отсутствия продо-

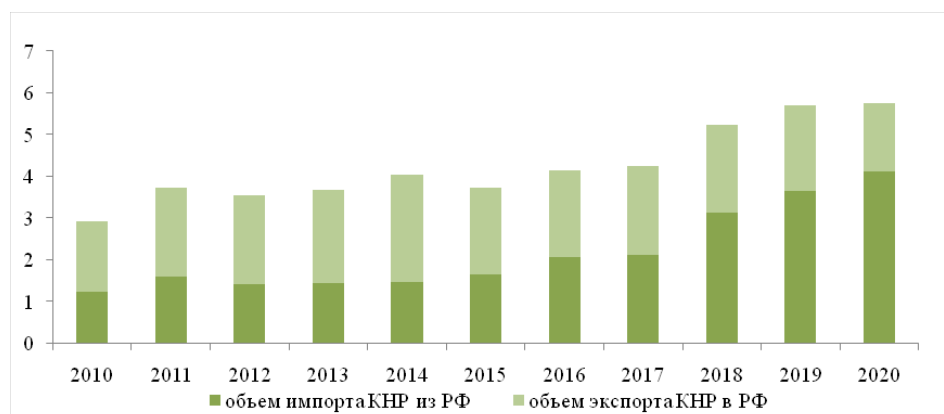


Рис. 1. Динамика торговли сельскохозяйственной продукцией между КНР и РФ в 2010–2020 гг. (млрд долларов США).
Источник данных: Статистический ежегодник торговли и внешнеэкономических связей КНР (2021 г.)

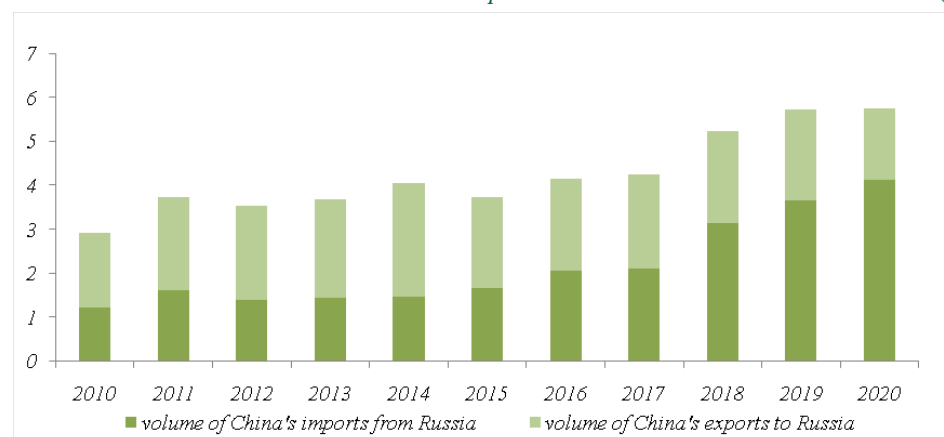


Fig. 1. Dynamics of trade in agricultural products between China and Russia in 2010–2020 (billion US dollars).
Data source: Statistical Yearbook of Trade and Foreign Economic Relations of the PRC (2021)

вольственной безопасности [11, с. 12]. Во-вторых, конкурентоспособность сельскохозяйственной отрасли невысока, а качество и цена сельскохозяйственной продукции не имеют конкурентных преимуществ [12, с. 74]. В-третьих, инновационность сельскохозяйственной науки и техники недостаточна, а зависимость от американской сельскохозяйственной техники довольно сильна [13, с. 95]. Поэтому Китаю необходимо своевременно скорректировать свою сельскохозяйственную политику и направление развития, диверсифицировать источники импорта, укрепить инновации и развитие сельскохозяйственной науки и техники, а также сотрудничество в сфере сельского хозяйства на государственном уровне и способствовать его качественному развитию. На китайско-российское сельскохозяйственное взаимодействие оказали сильное влияние китайско-американские торговые трения, иначе говоря, они объективно подтолкнули сельскохозяйственное взаимодействие между КНР и РФ к более качественному развитию (рис. 2).

1. Увеличение объемов и видов импорта сельскохозяйственной продукции из России и активное создание благоприятных условий для торговли сельскохозяйственной продукцией

Во-первых, был разрешен ввоз сои со всей территории России. В июле 2019 г. Главное таможенное управление КНР издало «Объявление о разрешении ввоза сои из России» (№ 124 от 2019 г.) [14]. Под влиянием благоприятной торговой конъюн-

ктуры объем импорта сои Китая из России увеличился с 0,474 млн т в 2017 г. до 0,693 млн т в 2020 г., или на 46,18 %, что намного выше, чем рост общего мирового импорта сои Китаем (на 5,02 % за тот же период). Именно за этот же период импорт сои Китаем из США сократился на 21,20 % (таблица 1). По информации Минсельхоза РФ, экспорт сои из России в Китай может достичь 3,7 млн т в 2025 г., став важной частью китайско-российской торговли сельскохозяйственной продукцией [15].

Во-вторых, снят запрет на ввоз пшеницы из шести регионов России. В связи с обнаружением головни пшеницы Китай запретил ввоз российской пшеницы с 1997 г. и не возобновлял соглашение об импорте до 2015 г. Чтобы расширить каналы импорта хлеба, Китай начал возобновлять ввоз пшеницы в 2018 г. [16]. В этих условиях импорт пшеницы из России в Китай увеличился в 3,98 раза – с 18 тыс. т в 2017 г. до 71 тыс. т в 2020 г. Кроме того, импорт кукурузы из России в Китай быстро увеличился с 2200 т в 2017 г. до 137,7 тыс. т в 2020 г., то есть в 62,59 раза.

В-третьих, разрешен ввоз продукции птицеводства из России. В 2018 г. обе страны подписали Протокол о проведении инспекционного, карантинного, ветеринарного и санитарного контроля в отношении взаимных поставок замороженного мяса птицы между КНР и РФ, в котором определили, что 23 российских компании имеют право экспортировать продукцию из мяса птицы в Китай. Рынок



Рис. 2. Влияние китайско-американских торговых трений на сельскохозяйственное взаимодействие между КНР и РФ

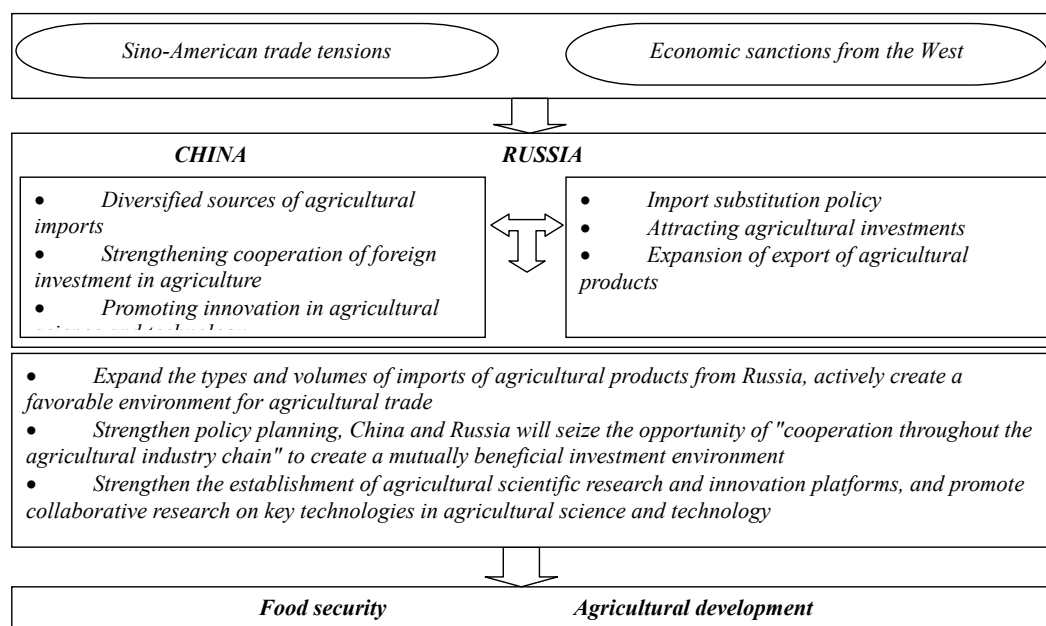


Fig. 2. Impact of Sino-US Trade Frictions on agricultural cooperation between China and Russia

Состояния импорта соя, кукурузы и пшеницы КНР из-за рубежа в 2017–2020 гг. (тыс. т)

Год	Соя			Кукуруза			Пшеница		
	Весь мир	США	РФ	Весь мир	США	РФ	Весь мир	США	РФ
2017	95 530,0	32 852,8	474,1	2 825,6	756,6	2,2	4 296,5	1 555,2	18,0
2018	89 128,7	18 156,3	502,4	3 521,5	312,3	38,7	2 876,1	361,3	99,6
2019	88 585,1	17 014,5	731,4	4 791,1	317,7	69,5	3 204,8	236,1	46,9
2020	100 327,3	25 888,5	693,0	11 294,2	4 341,9	137,7	8 151,6	1 651,4	71,6

Источник данных: статистические данные товарной торговли ООН, код поиска сои 1201, код поиска кукурузы 1005, код поиска пшеницы 1001.

Status of imports of soybeans, corn and wheat of China from abroad in 2017–2020 (thousand tons)

Year	Soy			Corn			Wheat		
	The whole world	USA	Russia	The whole world	USA	Russia	The whole world	USA	Russia
2017	95 530.0	32 852.8	474.1	2 825.6	756.6	2.2	4 296.5	1 555.2	18.0
2018	89 128.7	18 156.3	502.4	3 521.5	312.3	38.7	2 876.1	361.3	99.6
2019	88 585.1	17 014.5	731.4	4 791.1	317.7	69.5	3 204.8	236.1	46.9
2020	100 327.3	25 888.5	693.0	11 294.2	4 341.9	137.7	8 151.6	1 651.4	71.6

Data source: United Nations Commodity Trade Statistics, soybean search code 1201, corn search code 1005, wheat search code 1001.

продуктов из мяса птицы был открыт для России впервые с 2003 г., а в 2019 г. их число увеличилось до 31 [17]. В 2019 г. Россия экспортировала в Китай 60 тыс. т продуктов из мяса птицы, что составляет 30 % от общего объема российского экспорта продуктов из мяса птицы.

Таким образом, на фоне китайско-американских торговых трений Китай и Россия активно создают благоприятные условия для торговли сельскохозяйственной продукцией. Объем импорта сельхозпродукции из России в Китай быстро вырос с 2018 г. и впервые превысил 3 млрд долларов США. В 2020 году он превысит 4 млрд долларов США.

2. Используя возможность «сотрудничества во всей цепочке сельскохозяйственной отрасли», Ки-

тай и Россия создали взаимовыгодную инвестиционную среду

Хотя Россия всегда была важным партнером Китая в области сельскохозяйственных инвестиций за рубежом, по-прежнему существуют такие проблемы, как заметные однородные инвестиции, низкий уровень интенсификации и индустриализации инвестиционных отраслей и низкая способность предприятий противостоять риску [18, с. 98]. Чтобы уменьшить влияние ожиданий и неопределенностей на рынках сои и зерна КНР, вызванных китайско-американскими торговыми трениями, Китай и Россия достигли консенсуса в отношении укрепления инвестиций и сотрудничества в сельском хозяйстве, воздействия углубления сельскохозяйственных инвестиций и сотрудничества между двумя странами.

Во-первых, было укреплено планирование политики для улучшения инвестиционной среды в сельском хозяйстве. В период китайско-американских торговых трений КНР и РФ выпустили ряд документов, направленных на содействие сотрудничеству и развитию между двумя странами, в том числе «Программу развития китайско-российского сотрудничества в торгово-экономической и инвестиционной сферах на Дальнем Востоке РФ на 2018–2024 годы», «План развития сельского хозяйства Северо-Восточного Китая, Дальнего Востока и Байкальского региона России» и «Совместное заявление Китайской Народной Республики и Российской Федерации о развитии отношений всеобъемлющего партнерства и стратегического взаимодействия, вступающих в новую эпоху», в которых четко говорится о необходимости углубления сельскохозяйственно-инвестиционного сотрудничества и повышения уровня сельскохозяйственного взаимодействия.

Во-вторых, продвинулось взаимодействие сельскохозяйственных отраслей во всей цепочке, включая сою. В соответствии с обеспечением внутреннего спроса на сою и преодолением последствий торговых трений между Китаем и США укрепление китайско-российского сотрудничества в области производства сои стало общим выбором для обеих стран. В июне 2019 г. КНР и РФ совместно подписали «План по углублению сотрудничества между Китаем и Россией в области сои» для будущего сотрудничества. Китайский холдинг Joyvio Beidahuang Fricultural Holdings (JBA) подписал соглашение о сотрудничестве с Россией на сумму около 1,036 млрд долларов США и планирует построить предприятие по переработке сои с годовым объемом производства 240 тыс. т [4, с. 155].

В-третьих, была обеспечена преференциальная политика для ускорения потока ресурсов. Сельскохозяйственные инвестиции Китая на Дальнем Востоке России являются важным направлением сотрудничества между двумя сторонами после китайско-американских торговых трений. Российская сторона выразила готовность предоставить инвесторам на Дальнем Востоке кредит под 1 % годовых [19]. Китай и Россия также активно обсуждают меры по оптимизации каналов экспорта рабочей силы, продажи зерна и способов транспортировки, чтобы эффективно ускорить поток элементов ресурсов между обеими странами.

3. Укрепление инновационных платформ и механизмов сельскохозяйственных научных исследований и продвижение совместных исследований ключевых сельскохозяйственных технологий

Китайско-американские торговые трения отражают то, что Китай в определенной степени сильно зависит от американской сельскохозяйственной науки и технологий и Китаю необходимо оптимизировать схему международного сотрудничества в сельскохозяйственной науке и технологиях в буду-

щем. Россия стала важным партнером для сотрудничества в области сельскохозяйственных научно-технических инноваций Китая благодаря хорошей сельскохозяйственной научно-технической базе и сходству природно-климатических условий (между Дальним Востоком России и Северо-Востоком Китая). После китайско-американских торговых трений Китай и Россия осуществили ряд взаимодействий в укреплении строительства инновационных платформ и механизмов в области сельскохозяйственной науки и техники.

Во-первых, было ускорено создание совместных лабораторий или инновационных центров. Например, в 2019 г. Китай и Россия выступили за создание «Китайско-российской международной совместной сельскохозяйственной лаборатории» для развития сотрудничества в области совместных исследований и технологических инноваций в таких ключевых сферах, как селекция и выведение новых сортов культур, экологическое восстановление и управление, переработка и утилизация [20, с. 255, 257].

Во-вторых, был исследован эффективный механизм взаимодействия среди персонала. В «Плане развития сельского хозяйства Северо-Востока Китая, Дальнего Востока и Байкальского региона России» китайская сторона предлагает реализовать совместную китайско-российскую программу подготовки сельскохозяйственных талантов, создать специальный проект для китайско-российского обмена учеными, поддерживать российских экспертов читать лекции в Китае, отправить китайских специалистов на стажировку в Россию и побудить молодежь двух стран к укреплению обмена в области сельского хозяйства.

Китайско-американские торговые трения сыграли роль в продвижении китайско-российского сельскохозяйственного сотрудничества, две страны достигли нового консенсуса высокого уровня по развитию сельскохозяйственного сотрудничества и добились больших успехов.

Сельское хозяйство Китая и России имеет естественную взаимодополняемость в области земельных ресурсов, механизации сельского хозяйства и сельскохозяйственной науки и техники. Площадь сельскохозяйственных угодий на душу населения в России достигает 1,51 га, что почти в 4 раза больше, чем в Китае, а площадь земель на душу населения в России 16 раз больше, чем в Китае. В то же время Китай значительно опережает Россию по владению сельскохозяйственной техникой (таблица 2). Ожидается, что в сочетании с усилением международной обстановки потенциал сельскохозяйственного сотрудничества между Китаем и Россией превысит 70 млрд долларов США [21, с. 2125].

Можно выделить следующие области с большим потенциалом для китайско-российского сельскохозяйственного сотрудничества.

Во-первых, сельскохозяйственное торговое сотрудничество (в том числе торговля соей) служит основной точкой роста. Торговля сельскохозяйственной продукцией всегда была важной сферой сельскохозяйственного сотрудничества между двумя странами. После китайско-американских торговых трений китайско-российская торговля соей быстро росла. В будущем в рамках совместных действий по углублению научно-технического сотрудничества в области сои и продвижения механизма сельскохозяйственного сотрудничества БРИКС объем торговли сельскохозяйственной продукцией между КНР и РФ будет продолжать расти.

Во-вторых, сотрудничество в области сельскохозяйственной науки и техники (в том числе интеллектуальное сельское хозяйство) служат новой точкой прорыва. Оно имеет хорошую основу, особенно в последние годы быстрое развитие интеллектуального сельского хозяйства и интеллектуальных машин и оборудования в Китае открыло новые возможности для китайско-российского сотрудничества в сфере науки и техники, производственного оборудования сельского хозяйства.

В-третьих, использование механизма сельскохозяйственного сотрудничества БРИКС для участия в многостороннем международном сельскохозяйственном сотрудничестве и диалоге. Китай и Россия имеют общие интересы и призывы по таким глобальным вопросам, как продовольственная безопасность, изменение климата и правила торговли сельскохозяйственной продукцией. В перспективе существуют возможности укреплять общение и обмен с точки зрения таких механизмов многостороннего сотрудничества, как продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, ВТО, инициатива «Один пояс, один путь» и БРИКС, и совместно улучшить голоса двух стран на международном сельскохозяйственном рынке.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Углубляя китайско-российское сотрудничество в области сельского хозяйства, Китаю следует обратить внимание на корректировку и оптимизацию структуры сельскохозяйственного производства, темпы «выхода за границу» сельского хозяйства, международное сотрудничество в области сельскохозяйственной науки и техники и обмен талан-

Таблица 2
Взаимодополняемые показатели китайско-российского сельскохозяйственного сотрудничества в 2018 г.

Название индикатора	КНР	РФ
Площадь земли на душу населения (км ² /чел)	0,68	11,35
Площадь сельскохозяйственных угодий на душу населения (км ² /чел)	0,38	1,51
Площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий на душу населения (км ² /чел)	0,04	0,03
Площадь пашни на одного работника (км ² /чел)	0,15	1,61
Количество тракторов в собственности (шт/км ²)	27 700	3 000
Количество комбайнов (шт/км ²)	5 800	800
Количество вносимых удобрений (кг/км ²)	503,32	18,46
Уровень грамотности взрослого населения (%)	95,12	99,68
Количество исследователей и техников (чел. на млн чел.)	1 177	3 620
Индекс человеческого развития	0,75	0,82
Индекс развития информатизации	5,60	7,07
Национальный инновационный индекс	53,06	37,9
Индекс производства продуктов питания	139	147

Источник данных: база данных Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, база данных Всемирного банка, Международный статистический ежегодник 2020 г.

Table 2
Complementary indicators of the Chinese-Russian agricultural cooperation in 2018

Name of the indicator	PRC	RF
Land area per capita (km ² /person)	0.68	11.35
Area of agricultural land per capita (km ² /person)	0.38	1.51
Area of irrigated agricultural land per capita (km ² /person)	0.04	0.03
Area of arable land per worker (km ² /person)	0.15	1.61
Number of tractors owned (pcs/km ²)	27 700	3 000
Number of combines (pcs/hm ²)	5 800	800
Amount of applied fertilizers (kg/km ²)	503.32	18.46
Adult literacy rate (%)	95.12	99.68
Number of researchers and technicians (persons per million people)	1 177	3 620
Human development index	0.75	0.82
Informatization development index	5.60	7.07
National innovation index	53.06	37.9
Food production index	139	147

Data source: UN Food and Agriculture database, World Bank database, International Statistical Yearbook 2020.

тами из разных стран, а также интенсифицировать модернизацию сельского хозяйства на основе внутренней продовольственной безопасности. Исходя из принципа самообеспеченности зерном и безопасными пищевыми рационами, Китай примет многочисленные меры для корректировки структуры сельскохозяйственной отрасли, действительного удовлетворения потребностей рынка сельскохозяйственного производства и увеличения разнообразия и безопасности поставок отечественной сельскохозяйственной продукции.

В то же время планируется ускорить зарубежные инвестиции и планирование, активно изучать возможности подписания соглашений или мемо-

рандумов о сотрудничестве с основными странами – партнерами в области сельского хозяйства, укрепить сотрудничество в области сельскохозяйственной науки и техники или обмена талантами, способствовать существенному прогрессу в сотрудничестве в области сельского хозяйства и эффективно улучшить реакцию сельского хозяйства Китая на мировые экологические изменения и неопределенное влияние коронавирусной эпидемии на мировую продовольственную безопасность, обеспечить эффективное снабжение и безопасность отечественной сельскохозяйственной продукции, вносить вклад в мировую продовольственную безопасность.

Библиографический список

1. Го Хунпэн, У Ди. Исследование развития китайско-российского сельскохозяйственного сотрудничества с точки зрения «Один пояс – один альянс» // Форум Северо-Восточной Азии. 2018. № 5. С. 83–95, 128.
2. Фу Гохуа, Лу Хуэй. Углубление китайско-российского сельскохозяйственного сотрудничества для обеспечения продовольственной безопасности Китая // Теоретическая дискуссия. 2017. № 2. С. 89–92.
3. Ли Госян. Влияние китайско-американских экономических и торговых трений на сельское хозяйство Китая // Форум Дунной. 2020. № 4. С. 17–25.
4. Чжан Хунся. Китайско-российское сельскохозяйственное сотрудничество на фоне китайско-американских торговых трений // Исследование России, Восточной Европы и Центральной Азии. 2020. № 2. С. 38–49.
5. Ли Минь, Чжу Хуэй. Путь сельскохозяйственного сотрудничества в сопредельных регионах Китая и России // Внешнеэкономическая и торговая практика. 2019. № 11. С. 24–27.
6. Ли Чжеминь [и др.] Обзор сельскохозяйственного развития в странах БРИКС. Пекин: Китайское издательство сельскохозяйственной науки и технологий. 2017.
7. Ежемесячный статистический отчет об импорте и экспорте КНР – сельскохозяйственная продукция [Электронный ресурс]. URL: www.wms.mofcom.gov.cn/article/zt_ncp/table/2019_12.pdf (дата обращения: 25.01.2021).
8. Ши Чэн. Углубление китайско-российского сотрудничества в области производственных мощностей в новых условиях: прогресс, проблемы и советы // Экономическая перспектива. 2018. № 3. С. 102–108.
9. Департамент международного сотрудничества министерства сельского хозяйства и сельских дел, Центр внешнеэкономического сотрудничества Министерства сельского хозяйства и сельских дел. Аналитический отчет о сельскохозяйственном сотрудничестве КНР с иностранными инвестициями (2019 г.), Пекин: Издательство сельского хозяйства КНР. 2020.
10. Лун Дун, Чен Жуйцзянь, Ян Гуан. Состояния и анализ инвестиций китайских предприятий в сельское хозяйство в России в рамках «Один пояс и один путь» // Мировое сельское хозяйство. 2019. № 9. С. 96–103.
11. Яо Линь. Состояния и тенденции развития соевой промышленности Китая в условиях торговых трений между Китаем и США // Сои и масла Китая. 2020. № 2. С. 10–14.
12. Хуан Синь. Превращение испытаний торговой войны в возможность способствовать ускоренному развитию сельского хозяйства Китая // Современное сельскохозяйственное оборудование. 2018. № 4. С. 74–75.
13. Чжан Чэнху, Ян Мэньюнь. Международное влияние китайско-американских торговых трений и пути Китая по преодолению трудностей // Теоретическая дискуссия. 2018. № 4. С. 93–98.
14. Объявление № 124 от 2019 г. Главного таможенного управления КНР (Объявление о разрешении импорта сои в Россию) [Электронный ресурс]. URL: www.customs.gov.cn/customs/302249/302266/302267/2556851/index.html (дата обращения: 25.01.2021).
15. Минсельхоз России: к 2025 году планирует экспортировать в Китай 3,7 млн тонн сои [Электронный ресурс]. URL: www.sohu.com/a/339209788_115479 (дата обращения: 25.01.2021).
16. Китай снял запрет на ввоз пшеницы из шести регионов России [Электронный ресурс]. URL: www.heihe.gov.cn/info/1186/88388.htm (дата обращения: 25.01.2021).
17. В настоящее время 31 российская компания получила разрешение на экспорт продукции птицеводства в Китай [Электронный ресурс]. URL: www.sohu.com/a/329034687_120207306 (дата обращения: 26.01.2021).

18. Ли Чжи, Ван Дунъян, Ху Чжицюань. Состояния, затруднительное положение и советы китайских сельскохозяйственных предприятий в рамках инициативы «Один пояс, один путь» // Вопросы экономики сельского хозяйства. 2020. № 3. С. 93–101.

19. Министр развития Дальнего Востока: китайские инвесторы могут брать кредиты под 1 % годовых на Дальнем Востоке [Электронный ресурс]. URL: www.sohu.com/a/330147996_825950 (дата обращения: 25.01.2021).

20. Хэ Фэн, Чжан Сюли, Ю Юн [и др.] Анализ строительства Китайско-Российской международной совместной сельскохозяйственной лаборатории // Современная сельскохозяйственная наука и технология. 2020. № 5. С. 255–257.

21. Yufeng Ren, Zheming Li, Yuting Wang, Tianyu Zhang. Development and Prospect of Food Security Cooperation in the BRICS Countries // Sustainability. 2020. No. 12 (5). P. 2125.

Об авторах:

Чэнь Цюцзе, доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9339-0578; 284748191@qq.com

¹ Институт России Академии общественных наук провинции Хэйлунцзян, Харбин, Китайская Народная Республика

Problems and prospects of cooperation between China and Russia in agriculture

Chen Qiujie¹✉

¹ Russian Institute of Heilongjiang Academy of Social Sciences of Heilongjiang province, Harbin, People's Republic of China

✉E-mail: 284748191@qq.com

Abstract. The purpose of this study is to clarify the place of Sino-Russian agricultural cooperation for the PRC in the context of Sino-American trade frictions, to identify the main factors that have a positive and negative impact on cooperation in the field of agriculture between the PRC and the Russian Federation. To achieve the goal, the following goals have been established: 1) analyze the state of agricultural cooperation between the PRC and the Russian Federation; 2) explore the problems in agricultural cooperation between the PRC and the Russian Federation at this stage; 3) evaluate the impact of Sino-US trade frictions on Sino-Russian agricultural cooperation. Statistical, analytical and graphical **methods** were used. Correlation-regression analysis was used to identify the impact of Sino-American trade frictions on agricultural cooperation between the PRC and the Russian Federation. **Results.** Agricultural cooperation with the United States and the Russian Federation is an important part of international cooperation in the field of agriculture for China. Sino-American trade tensions have, to some extent, indirectly contributed to agricultural cooperation between the PRC and the Russian Federation. The volume of trade in agricultural products between China and Russia in 2020 amounted to 5.544 billion US dollars, of which the import of agricultural products of China from the Russian Federation reached 4.087 billion US dollars, and China became the largest exporter of Russian agricultural products. The main reason is that under the influence of Sino-American trade frictions, China and Russia actively reacted and adjusted the direction of agricultural cooperation between the two countries. First, China expanded the types and volume of agricultural products imported from Russia and created a favorable environment for its trade. Second, China and Russia will seize the opportunity of “cooperation in the entire agricultural industry chain” to create a mutually beneficial investment environment. Third, to promote the creation of innovative platforms and mechanisms for scientific research and technology in the field of agriculture. **The scientific novelty** consists in assessing the impact of Sino-American trade frictions on agricultural interaction between the PRC and the Russian Federation and its trends in the future.

Keywords: Sino-US trade tensions, Sino-Russian agricultural cooperation, agricultural trade, investment in agriculture, cooperation mechanism.

For citation: Chen Qiujie. Problemy i perspektivy sotrudnichestva KNR i RF v sel'skom khozyaystve [Problems and prospects of cooperation between China and Russia in agriculture] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 04 (219). Pp. 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-93-102. (In Russian.)

Date of paper submission: 27.01.2022, **date of review:** 10.02.2022, **date of acceptance:** 28.02.2022.

References

1. Guo Hongpeng, Wu Di. Research on the development of Sino-Russian agricultural cooperation from the perspective of the "One Belt One Alliance" // *Northeast Asia Forum*. 2018 No. 5. Pp. 83–95, 128. (In Chinese.)
2. Fu Guohua, Lu Hui. Deepening Sino-Russian agricultural cooperation to ensure my country's food security // *Theoretical Discussion*. 2017. No. 2. Pp. 89–92. (In Chinese.)
3. Li Guoxiang. The impact of Sino-US economic and trade friction on China's agriculture // *Dongyue Lun Cong*, 2020. No. 4. Pp. 17–25. (In Chinese.)
4. Zhang Hongxia. Sino-Russian agricultural cooperation under the background of Sino-US trade friction // *Research on Russia, Eastern Europe and Central Asia*. 2020. No.2. Pp. 38–49, 155. (In Chinese.)
5. Li Min, Zhu Hui. The deepening path of agricultural cooperation in the adjacent regions of China and Russia // *Foreign Economic and Trade Practice*. 2019. No. 11. Pp. 24–27. (In Chinese.)
6. Li Zhemin, et al. Overview of Agricultural Development in BRICS Countries. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. 2017. (In Chinese.)
7. China Import and Export Monthly Statistical Report – Agricultural Products[e-resource]. URL: http://wms.mofcom.gov.cn/article/zt_ncp/table/2019_12.pdf. (dete of reference: 25.01.2021). (In Chinese.)
8. Shi Cheng. Deepening Sino-Russian production capacity cooperation under the new situation: progress, problems and countermeasures // *Economic Perspective*. 2018. No. 3. Pp. 102–108. (In Chinese.)
9. International Cooperation Department of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Foreign Economic Cooperation Center of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Analysis Report on China's Agricultural Foreign Investment Cooperation (2019). Beijing: China Agricultural Press. 2020. Pp. 2, 4, 20. (In Chinese.)
10. Long Dun, Chen Ruijian, Yang Guang. Current Situation and Analysis of Chinese Enterprises' Agricultural Investment in Russia under the "Belt and Road" Construction // *World Agriculture*. 2019. No. 9. Pp. 96–103. (In Chinese.)
11. Yao Lin. Current Situation and Development Trend of China's Soybean Industry under Sino-US Trade Friction // *China Oils and Fats*. 2020. No. 2. Pp. 10–14. (In Chinese.)
12. Huang Xin. Turning the challenge of the trade war into an opportunity to accelerate the development of China's agriculture // *Modern Agricultural Equipment*. 2018. No.4. Pp. 74–75. (In Chinese.)
13. Zhang Chenghu, Yang Mengyun. The International Impact of Sino-US Trade Friction and China's Coping Strategies // *Theoretical Discussion*. 2018. No. 4. Pp. 93–98. (In Chinese.)
14. Announcement No. 124 of 2019 of the General Administration of Customs (Announcement on Allowing Soybean Imports in Russia). URL: <http://www.customs.gov.cn/customs/302249/302266/302267/2556851/index.html>. (dete of reference: 25.01.2021). (In Chinese.)
15. Russian Ministry of Agriculture: Plan to export 3.7 million tons of soybeans to China annually by 2025. URL: https://www.sohu.com/a/339209788_115479. (dete of reference: 25.01.2021). (In Chinese.)
16. China lifts ban on importing wheat from six regions of Russia. URL: <http://www.heihe.gov.cn/info/1186/88388.htm>. (dete of reference: 25.01.2021). (In Chinese.)
17. At present, 31 Russian companies have been approved to export poultry products to China. URL: https://www.sohu.com/a/329034687_120207306. (dete of reference: 26.01.2021). (In Chinese.)
18. Li Zhi, Wang Dongyang, Hu Zhiquan. The current situation, predicament and countermeasures of Chinese agricultural enterprises "going out" under the "Belt and Road" initiative // *Agricultural Economic Issues*. 2020. No. 3. Pp. 93–101. (In Chinese.)
19. Russian Far East Development Minister: Chinese Investors Can Loan in Russian Far East at 1% Annual Interest Rate. URL: https://www.sohu.com/a/330147996_825950. (dete of reference: 25.01.2021). (In Chinese.)
20. He Feng, Zhang Xiuli, Yu Yong, et al. Analysis on the Construction of Sino-Russian Agricultural International Joint Laboratory // *Modern Agricultural Science and Technology*. 2020. No. 5. Pp. 255, 257. (In Chinese.)
21. Yufeng Ren, Zhemin Li, Yuting Wang, Tianyu Zhang. Development and Prospect of Food Security Cooperation in the BRICS Countries // *Sustainability*. 2020. No. 12 (5). Pp. 2125. (In English.)

Authors' information:

Chen Qiujie¹, doctor of historical sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-9339-0578; 284748191@qq.com

¹ Russian Institute of Heilongjiang Academy of Social Sciences of Heilongjiang province, Harbin, People's Republic of China

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

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



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

А. В. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

О. А. Багрецова – ответственный редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

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

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

620049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Дата выхода в свет: 10.04.2022 г. Усл. печ. л. 10,1. Авт. л. 9,4.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

