



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS

2022
№07 (222)

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

Сведения о редакционной коллегии

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

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
Р. З. Аббас, Сельскохозяйственный университет (Фейсалабад, Пакистан)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. 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. Donnik (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sótónyi (Deputy chief editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
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. Pashtetskiy, 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

- Т. А. Виноградова, Т. А. Кудряшова,
Н. Н. Козьякова* 2
Зависимость качества трепаного волокна от
сорта льна-долгунца и номера льнотресты

- А. П. Галиченко, Е. М. Фокина* 16
Влияние метеорологических условий
на формирование урожайности сортов сои
селекции ВНИИ сои

- Л. П. Икоева, О. Э. Хаева* 26
Фотосинтетическая деятельность картофеля
в зависимости от способов применения
стимулятора роста
в предгорной зоне РСО-Алания

- И. В. Торбина* 36
Адаптивность озимой пшеницы в конкурсном
сортоиспытании Удмуртского ФИЦ УрО РАН

Биология и биотехнологии

- Л. Ф. Бекшенева, А. А. Реут* 49
Аккумуляция тяжелых металлов
представителями родового комплекса *Iris* L.

- Н. В. Калинина, Д. М. Марченко* 58
Получение растений-регенерантов
озимой мягкой пшеницы с использованием
метода культуры пыльников

- О. С. Чеченихина, Е. С. Смирнова,
Ю. А. Степанова* 68
Стрессоустойчивость и молочная
продуктивность крупного рогатого скота
Урала в зависимости от технологии доения

Экономика

- Л. В. Кузнецова, В. Н. Мазуров* 79
Результативность реализации ВЦП
«Создание 100 роботизированных молочных
ферм в Калужской области»

- A. G. Mokronosov, T. R. Asylguzhin,
I. N. Mavrina* 91
Advanced innovative development
of the agro-industrial complex based
on the patent information resource

Contents

Agrotechnologies

- T. A. Vinogradova, T. A. Kudryashova,
N. N. Kozyakova* 2
The dependence of the quality of the frayed fiber
on the variety of flax and the number of flax

- A. P. Galichenko, E. M. Fokina* 16
Meteorological effects in formation
of the yield of soybean varieties bred
by ARSRI of soybean

- L. P. Ikoeva, O. E. Khaeva* 26
Photosynthetic activity of potatoes depending
on the methods of using a growth stimulator in
the foothill zone of the Republic
of North Ossetia-Alania

- I. V. Torbina* 36
Adaptability of winter wheat in the competitive
variety testing of the Udmurt FRC of the UB RAS

Biology and biotechnologies

- L. F. Beksheneva, A. A. Reut* 49
Accumulation of heavy metals by representatives
of the generic complex *Iris* L.

- N. V. Kalinina, D. M. Marchenko* 58
Developing of regenerated plants
of winter bread wheat using
the anther culture method

- O. S. Chechenikhina, E. S. Smirnova,
Yu. A. Stepanova* 68
Stress resistance and dairy
productivity of cattle in the Urals
depending on milking technology

Economy

- L. V. Kuznetsova, V. N. Mazurov* 79
The effectiveness of the implementation of the
Departmental Target Program "Creation
of 100 robotic dairy farms in the Kaluga region"

- A. G. Mokronosov, T. R. Asylguzhin,
I. N. Mavrina* 91
Advanced innovative development
of the agro-industrial complex based
on the patent information resource

Зависимость качества трепаного волокна от сорта льна-долгунца и номера льнотресты

Т. А. Виноградова¹✉, Т. А. Кудряшова¹, Н. Н. Козьякова¹

¹Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉E-mail: info.trk@fncl.ru

Аннотация. В статье представлена информация о качестве длинного волокна, полученного из льнотресты различного качества 31 сорта льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции при переработке на льноперерабатывающих предприятиях льносеющих регионов Российской Федерации. **Цель** исследований – определить силу влияния на качество длинного волокна, полученного при переработке льнотресты на перерабатывающих предприятиях, факторов сорта льна-долгунца и номера льнотресты. **Методы.** Материалом для исследования служила льнотреста, представленная 523 партиями, и полученное из нее длинное волокно. Контрольные разработки льнотресты проводились по специальной методической программе с оценкой качества волокнистой продукции по действующей нормативной документации. Проводилась рейтинговая оценка сортов по качеству длинного волокна и дисперсионный анализ экспериментальных данных по схеме двухфакторного неравномерного комплекса. **Результаты.** С применением рейтинговой оценки сортов по качеству длинного волокна определена группа сортов, характеризующихся самым его высоким качеством при определении номера льнотресты по всей оценочной шкале. К ним относятся следующие сорта: Альфа, Тверской, Зарянка, Дашковский, Могилевский 2, Томский 16. Отмечено, что в разрезе номеров льнотресты набор сортов, обладающих высоким качеством длинного волокна, представленных рейтингом, значительно меняется. Установлено, что номер длинного волокна, полученного при переработке льнотресты, в большей степени зависит от качества произведенной льнотресты (дисперсионное отношение ($F_{\phi} = 92,0 > F_{st} = 8,6$), чем фактора сорта ($F_{\phi} = 6,9 > F_{st} = 3,3$). Показано, что решение проблемы повышения качества длинного волокна, отвечающего требованиям текстильной промышленности, в первую очередь, связано с производством высококачественной льнотресты. Льнотреста должна иметь качество не менее номера 1,50. **Научная новизна.** Доказана приоритетность фактора номера льнотресты над фактором сорта льна-долгунца при их достоверном влиянии на качество длинного волокна, вырабатываемого на льноперерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: сорт, лен-долгунец, качество, номер, льнотреста, длинное (трепаное) волокно, переработка.

Для цитирования: Виноградова Т. А., Кудряшова Т. А., Козьякова Н. Н. Зависимость качества трепаного волокна от сорта льна-долгунца и номера льнотресты // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 2–15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-2-15.

Дата поступления статьи: 24.02.2022, **дата рецензирования:** 14.03.2022, **дата принятия:** 01.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Одной из самых важных задач в отрасли льноводства в настоящее время является повышение качества длинного (трепаного) волокна, которое получается при переработке льнотресты льна-долгунца на перерабатывающих предприятиях [1, с. 34–35; 2, с. 93–94]. Именно от качества длинного волокна, обладающего хорошими прядильными свойствами, в конечном счете зависит конкурентоспособность продукции [3, с. 64–65; 4, с. 116–117; 5, с. 6; 6, с. 46–47]. Однако в структуре номеров производимого в России длинного волокна преобладают низкие номера 9–10, которые не отвечают требованиям текстильной промышленности [7; 8, с. 20; 9, с. 116.].

Считается, что ведущая роль как в увеличении урожайности, так и качества волокна принадлежит сорту [10, с. 52–53]. Поэтому задача, стоящая перед селекционерами на протяжении довольно длительного периода, остается неизменной: создание сортов льна-долгунца с высоким содержанием волокна и одновременно с хорошим его качеством [11, с. 18; 12, с. 56–59]. В последние годы выведено немало сортов, характеризующихся потенциальной возможностью получения высококачественного длинного волокна (номеров 11–13), определенной при Госсортоиспытаниях, но уровень реализации ее в производстве и переработке явно недостаточен [13, с. 641–643]. Максимального результата по качеству волокна, которое приводится в харак-

теристике сорта, прошедшего Госсортоиспытания и включенного Госреестр, в практической деятельности льноводов удастся достичь крайне редко [14, с. 69–71]. Между тем качество длинного волокна, зафиксированное в нормах по выходу и качеству волокна¹ (2012 год), зависит в значительной степени также и от качества выращенного льносырья определенного сорта льна-долгунца. Такие сведения в характеристике сорта, как правило, не приводятся. Диапазон изменения качества длинного волокна, предусмотренный в действующих нормах, – от N 9,8 (номер льнотресты 0,50) до N 12,2 (номер льнотресты 2,50). В нормах по выходу и качеству волокна, действующих до 2012 года, для сортов, отличающихся существенно по одному или нескольким признакам технологической ценности льносырья от остальных, была предусмотрена поправка². По этим нормам для основной группы сортов из номера льнотресты 0,50 требовалось получить длинное волокно N 8,85, соответственно, из номера 2,50 – N 15,15. Очевидно, что особенности сорта по отдельным признакам, связанным с качеством волокна, отследить по нормам 2012 года практически невозможно. Судя по статистическим данным, приведенным в программе развития льноводства на 2013–2019 гг., касающимся качественных показателей, льнотреста, произведенная в России в эти годы, имела качество, лишь незначительно превышающее номер 1,00. Самый высокий номер льнотресты был зафиксирован в 2013 году (N 1,18), самый низкий – в 2017 году (N 0,99). Длинное волокно лучшего качества N 10,26 получено в 2015 году, а на протяжении трех лет (2017–2019 гг.) было неизменным и составляло только N 9,60 [7].

Следовательно, при переработке льнотресты, имеющей качество не выше N 1,25, и в соответствии с нормами выхода и качества волокна с большой долей вероятности выработать длинное волокно среднего номера 10,00 и более на устаревшем оборудовании, которым оснащены льноперерабатывающие предприятия, не удастся. В связи с этим представляет определенный интерес вопрос, связанный с возможными отклонениями по номеру волокна, полученного из льнотресты различных сортов, независимо от качества льнотресты.

Исходя из вышеизложенного, изучение зависимости качества длинного волокна от сорта льна-долгунца, находящегося в производстве, и номера исходного льносырья является достаточно актуальным.

Результаты исследований позволят повысить достоверность идентификации сортов по качеству длинного волокна, полученного из разнокачествен-

¹Нормы выхода и качества волокна из льняной соломы и льняной стланцевой льнотресты (при нормированной влажности 19 %): Государственный агропромышленный комитет СССР Научно-Исследовательский промышленности первичной обработки лубяных волокон 21.12.88.: введ. в действие с 01.01.89. Минск, 1988. Зак. № 359. 660 с.

ной льнотресты, что, в свою очередь, будет способствовать правильности ориентации сельхозпроизводителей при выборе для возделывания того или иного сорта с учетом диверсификации направления использования продукции.

Цель исследований – определить силу влияния на качество длинного волокна, полученного при переработке льнотресты на перерабатывающих предприятиях, факторов сорта льна-долгунца и номера льнотресты.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в период с 2000 по 2021 гг. во ВНИИЛ (в настоящее время – обособленное подразделение «Научно-исследовательский институт льна» Федерального научного центра лубяных культур). Формирование и переработка партий льнотресты различного качества каждого сорта льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции осуществлялись в сезон заготовок в условиях льносеющих и льноперерабатывающих предприятий Тверской, Смоленской, Псковской, Костромской, Вологодской областей. Оценка качества льнотресты производилась по ГОСТ 24383-89 «Треста льняная. Требования при заготовках» дважды: перед формированием партий и перед поступлением их на переработку. Последовательность операций и организация их проведения в ходе контрольных разработок была в основном предусмотрена специальной методической программой, утвержденной в ФГБУ «Агентство «Лен» [15, с. 32–35]. Кроме того, в соответствии с Правилами технической эксплуатации льнозаводов в зависимости от качества льнотресты устанавливались оптимальные регламентированные режимы работы технологического оборудования (сушильных машин, мяльно-трепальных и куделеприготовительных агрегатов). Для переработки льнотресты применялось следующее оборудование: сушилка СКП-10-ЛУ, мяльно-трепальный агрегат МТА-1Л, сушилка СКП-10КУ, куделеприготовительный агрегат КПАЛ и др. Производился отбор проб льнотресты до подачи в сушилку и после выхода из нее для оценки влажности. Также определялись влажность длинного и короткого волокна, засоренность льнотресты, выход и качество длинного и короткого волокна, общий выход волокна по действующей нормативной документации. Все перечисленные параметры фиксировались для каждой партии льнотресты, масса которой не должна быть менее 2 т. Номер длинного волокна находился по ГОСТ 10330-76 «Лен трепаный. ТУ» и по изменению № 4 этого стандарта. Полученные результаты обрабатывались с помощью методов математической статистики [16, с. 180, 192, 301; 17, с. 12, 26, 150; 18, с. 344, 460].

Результаты (Results)

За период исследований были получены результаты по оценке качества льнотресты и длинного

волокна, выработанного из нее в выборке, состоящей из 523 партий. Выборка включала в себя 15 % партий льнотресты, имеющей номер 0,50, 16 % – номер 0,75, 23 % – номер 1,00, 14 % – номер 1,25, 13 % – номер 1,50, 7 % – номер 1,75, 7 % – номер 2,00, 5 % – номер 2,50. Общее количество проанализированных сортов льна-долгунца различной селекции – 31.

В таблице 1 приведено распределение сортов по среднему номеру длинного волокна в порядке возрастания по всей оценочной шкале качества льнотресты. Для упрощения анализа для каждого

сорта определен средний рейтинг. Под рейтингом в данной ситуации понималась позиция (место), занимаемая отдельным сортом в перечне изучаемых сортов в соответствии с номером длинного волокна. Первая позиция (рейтинг 1) соответствовала сорту с худшим качеством длинного волокна. Сорта с лучшим качеством длинного волокна присваивался рейтинг, равный количеству сортов, участвующих в исследовании, – 31. Из данных таблицы видно, что лучшее среднее качество длинного волокна отмечено у следующих сортов: Тверской, Альфа, Зарянка, Дашковский, Могилевский 2, Томский 16.

Таблица 1
Оценка среднего рейтинга сортов по номеру длинного волокна при определении качества льнотресты по всей оценочной шкале

Сорт	Средний номер длинного волокна из льнотресты номеров 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00; 2,50	Средний рейтинг сорта по возрастанию (занимаемое место)
Александрит	9,85	1
А 29	9,88	2
Грант	9,96	3
Сурский	9,99	4
Томский 18	10,07	5
Томский 17	10,28	6
Вералин	10,40	7
Универсал	10,47	8
София	10,50	9
Электра	10,59	10
Смолич	10,60	11
Тост	10,66	12
А 93	10,68	13
Дипломат	10,75	14
Лира	10,76	15
Импульс	10,88	16
Ленок	10,89	17
Пралеска	10,90	18
Цезарь	10,99	19
Василек	11,00	20
Сюзанна	11,04	21
Алексим	11,11	22
Лидер	11,12	23
Агата	11,13	24
Эскалина	11,14	25
Томский 16	11,22	26
Могилевский 2	11,23	27
Дашковский	11,26	28
Зарянка	11,33	29
Тверской	11,65	30
Альфа	12,00	31

Table 1
Evaluation of the average rating of varieties by the number of long fibers when determining the quality of flax on the entire evaluation scale

Variety	Medium number of long fiber from flax thrift numbers 0.50; 0.75; 1.00; 1.25; 1.50; 1.75; 2.00; 2.50	The average rating of the variety in ascending order (occupied place)
Aleksandrit	9.85	1
A 29	9.88	2
Grant	9.96	3
Surskiy	9.99	4
Tomskiy 18	10.07	5
Tomskiy 17	10.28	6
Veralin	10.40	7
Universal	10.47	8
Sofiya	10.50	9
Elektra	10.59	10
Smolich	10.60	11
Tost	10.66	12
A 93	10.68	13
Diplomat	10.75	14
Lira	10.76	15
Impul's	10.88	16
Lenok	10.89	17
Praleska	10.90	18
Tsezar'	10.99	19
Vasilek	11.00	20
Syuzanna	11.04	21
Aleksim	11.11	22
Lider	11.12	23
Agata	11.13	24
Eskalina	11.14	25
Tomskiy 16	11.22	26
Mogilevskiy 2	11.23	27
Dashkovskiy	11.26	28
Zaryanka	11.33	29
Tverskoy	11.65	30
Al'fa	12.00	31

Однако при проведении идентичного дифференцированного анализа в разрезе номеров льнотресты (0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00; 2,50) картина существенно меняется: для каждого номера льнотресты наблюдается иной набор сортов с худшими

и лучшими значениями качества полученного длинного волокна. Распределение сортов по качеству длинного волокна в разрезе номеров льнотресты представлено на рис. 1–8.

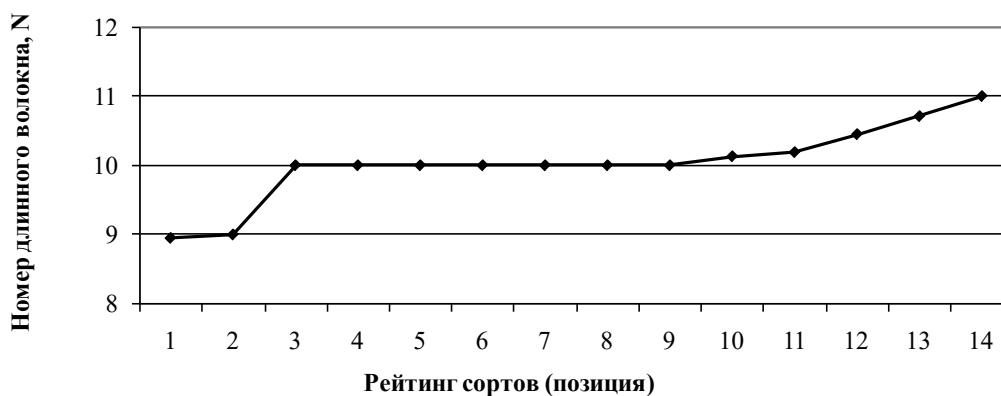


Рис. 1. Распределение сортов по номеру длинного волокна из льнотресты номера 0,50.

Рейтинг сортов в сравнении со средним: 1. Сурский (4), 2. А 29 (2), 3. Грант (3), 4. Универсал (8), 5. Дипломат (14), 6. А 93 (13), 7. Агата (24), 8. Томский 18 (5), 9. Алексим (22), 10. Могилевский 2 (27), 11. Томский 17 (6), 12. Электра (10), 13. Дашиковский (28), 14. Пралеска (18)

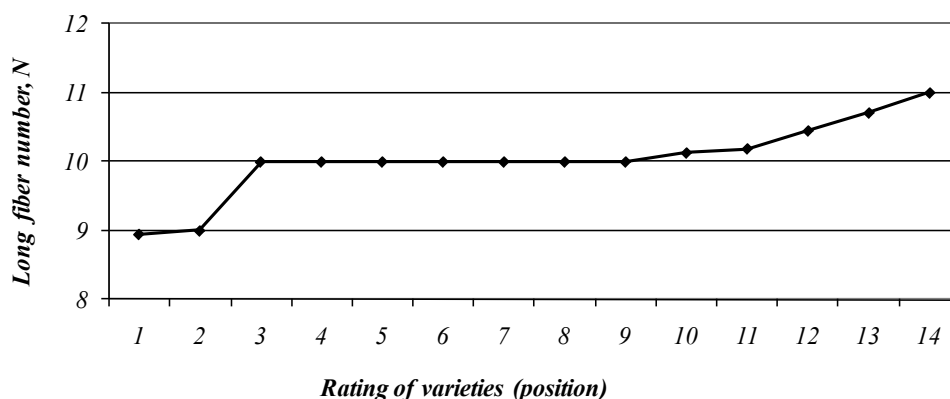


Fig. 1. The distribution of varieties by the number of long fiber from flax fiber number 0.50.

Rating of varieties in comparison with the average: 1. Surskiy (4), 2. A 29 (2), 3. Grant (3), 4. Universal (8), 5. Diplomat (14), 6. A 93 (13), 7. Agata (24), 8. Tomskiy 18 (5), 9. Aleksim (22), 10. Mogilevskiy 2 (27), 11. Tomskiy 17 (6), 12. Elektra (10), 13. Dashkovskiy (28), 14. Pralleska (18)

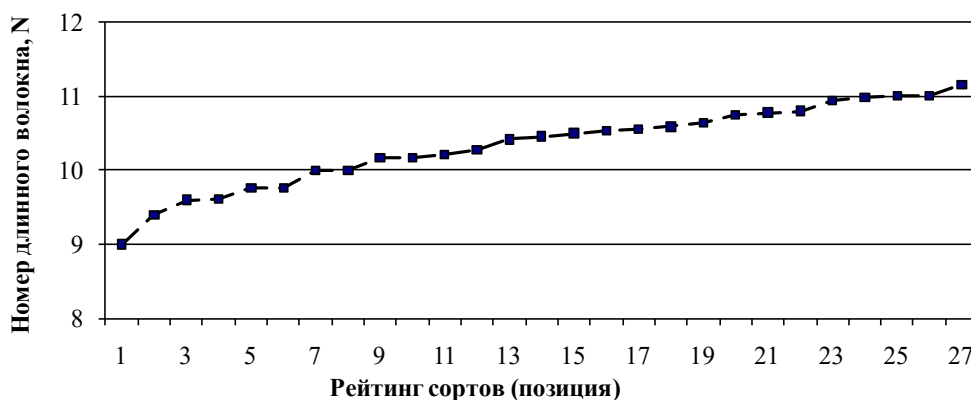


Рис. 2. Распределение сортов по номеру длинного волокна из льнотресты номера 0,75.

Рейтинг сортов в сравнении со средним: 1. Сурский (4), 2. А 29 (2), 3. Александрит (1), 4. Лидер (23), 5. Грант (3), 6. Импульс (16), 7. Универсал (8), 8. Эскалина (25), 9. Смолич (11), 10. Томский 18 (5), 11. Агата (24), 12. Томский 17 (6), 13. Алексим (22), 14. А 93 (13), 15. Тверской (30), 16. Пралеска (18), 17. Дашиковский (28), 18. Электра (10), 19. София (9), 20. Вералин (7), 21. Могилевский 2 (27), 22. Ленок (17), 23. Лири (15), 24. Цезарь (19), 25. Василек (20), 26. Зарянка (29), 27. Томский 16 (26)

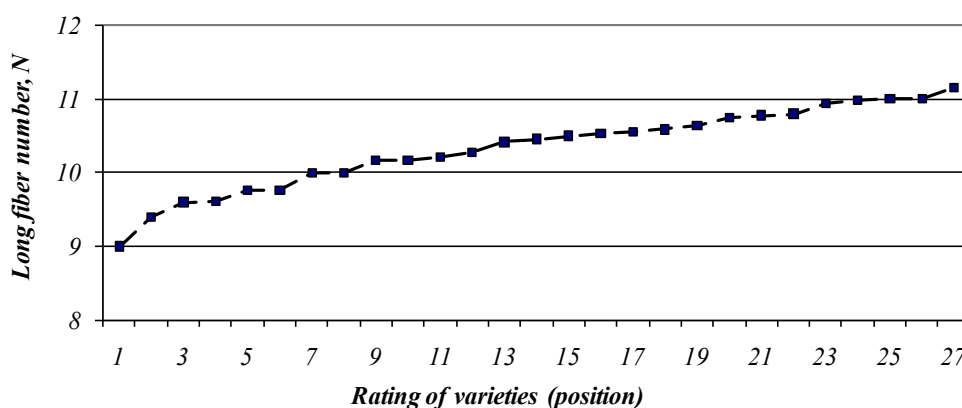


Fig. 2. The distribution of varieties by the number of long fiber from flax fiber number 0.75.

Rating of varieties in comparison with the average: 1. Surskiy (4), 2. A 29 (2), 3. Aleksandrit (1), 4. Lider (23), 5. Grant (3), 6. Impul's (16), 7. Universal (8), 8. Eskalina (25), 9. Smolich (11), 10. Tomskiy 18 (5), 11. Agata (24), 12. Tomskiy 17 (6), 13. Alek-sim (22), 14. A 93 (13), 15. Tverskoy (30), 16. Praleska (18), 17. Dashkovskiy (28), 18. Elektra (10), 19. Sofiya (9), 20. Veralin (7), 21. Mogilevskiy 2 (27), 22. Lenok (17), 23. Lira (15), 24. Tsezar' (19), 25. Vasilek (20), 26. Zaryanka (29), 27. Tomskiy 16 (26)

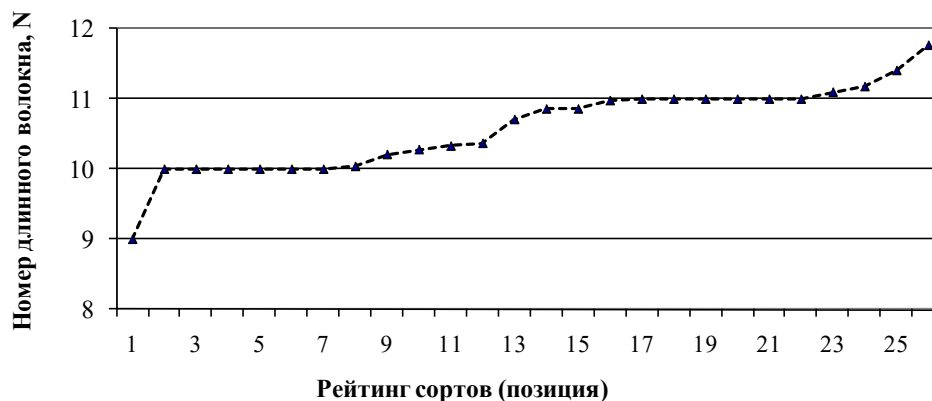


Рис. 3. Распределение сортов по номеру длинного волокна из льнотресты номера 1,00.

Рейтинг сортов в сравнении со средним: 1. Сурский (4), 2. Грант (3), 3. Александрит (1), 4. Универсал (8), 5. А 93 (13), 6. А 29 (2), 7. Электра (10), 8. Вералин (7), 9. Эскалина (25), 10. Томский 18 (5), 11. Агата (24), 12. Дашковский (28), 13. София (7), 14. Лидер (23), 15. Томский 17 (6), 16. Импульс (16), 17. Цезарь (19), 18. Пралеска (18), 19. Дипломат (14), 20. Василек (20), 21. Зарянка (29), 22. Могилевский 2 (27), 23. Сюзанна (21), 24. Алексим (22), 25. Томский 16 (26), 26. Тверской (30)

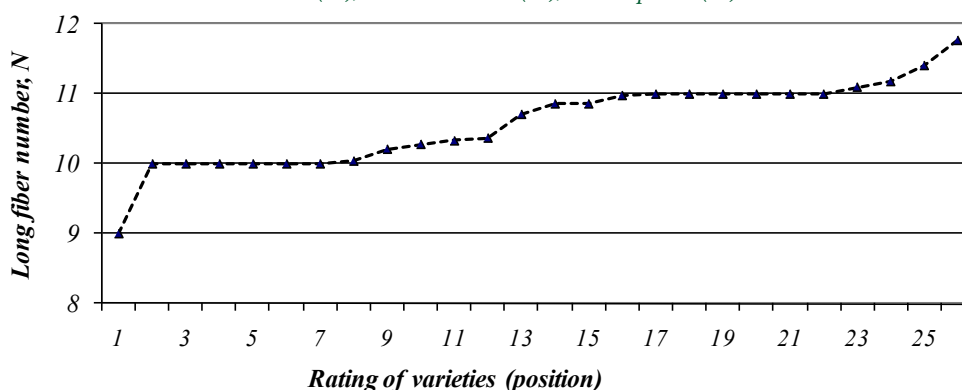


Fig. 3. Distribution of varieties by the number of long fiber from flax fiber number 1.00.

Rating of varieties in comparison with the average: 1. Surskiy (4), 2. Grant (3), 3. Aleksandrit (1), 4. Universal (8), 5. A 93 (13), 6. A 29 (2), 7. Elektra (10), 8. Veralin (7), 9. Eskalina (25), 10. Tomskiy 18 (5), 11. Agata (24), 12. Dashkovskiy (28), 13. Sofiya (7), 14. Lider (23), 15. Tomskiy 17 (6), 16. Impul's (16), 17. Tsezar' (19), 18. Praleska (18), 19. Diplomat (14), 20. Vasilek (20), 21. Zaryanka (29), 22. Mogilevskiy 2 (27), 23. Syuzanna (21), 24. Aleksim (22), 25. Tomskiy 16 (26), 26. Tverskoy (30)

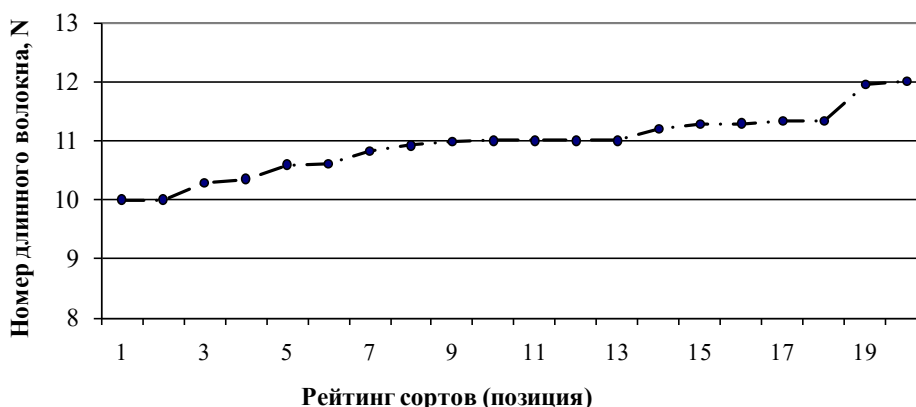


Рис. 4. Распределение сортов по номеру длинного волокна из льнотресты номера 1,25.

Рейтинг сортов в сравнении со средним: 1. Грант (3), 2. А 29 (2), 3. Универсал (8), 4. София (9), 5. Дашковский (28), 6. Смолич (11), 7. Цезарь (19), 8. Сюзанна (21), 9. Могилевский 2 (27), 10. Пралеска (18), 11. А 93 (13), 12. Василек (20), 13. Тост (12), 14. Алексим (22), 15. Томский 16 (21), 16. Лидер (23), 17. Зарянка (29), 18. Импульс (16), 19. Агата (24), 20. Тверской (30)

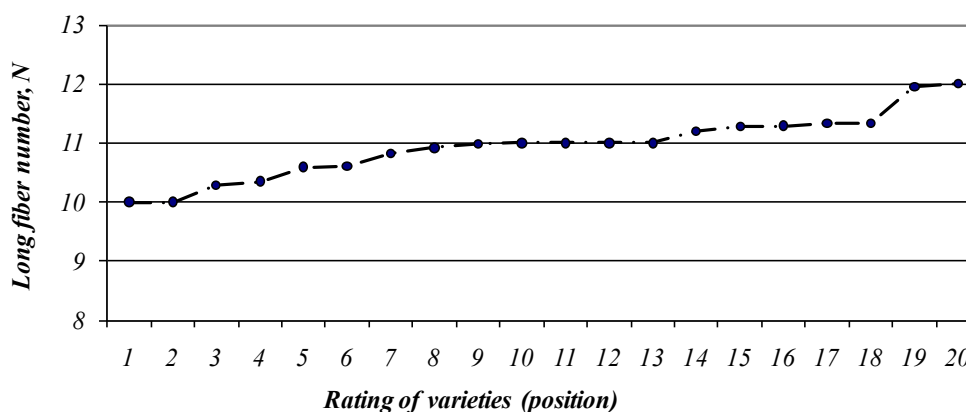


Fig. 4. The distribution of varieties by the number of long fiber from flax fiber numbers 1,25.

Rating of varieties in comparison with the average: 1. Grant (3), 2. A 29 (2), 3. Universal (8), 4. Sofiya (9), 5. Dashkovskiy (28), 6. Smolich (11), 7. Tsezar' (19), 8. Syuzanna (21), 9. Mogilevskiy 2 (27), 10. Praleska (18), 11. A 93 (13), 12. Vasilek (20), 13. Tost (12), 14. Aleksim (22), 15. Tomskiy 16 (21), 16. Lider (23), 17. Zaryanka (29), 18. Impul's (16), 19. Agata (24), 20. Tverskoy (30)

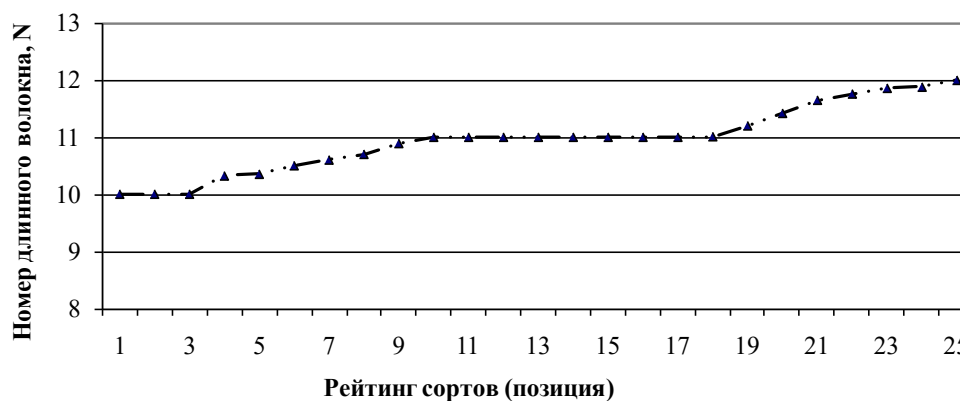


Рис. 5. Распределение сортов по номеру длинного волокна из льнотресты номера 1,50.

Рейтинг сортов в сравнении со средним: 1. Грант (3), 2. Александрит (1), 3. Томский 18 (5), 4. София (9), 5. Томский 17 (6), 6. Ленок (17), 7. Тост (12), 8. Сюзанна (21), 9. Лири (15), 10. Сурский (4), 11. Цезарь (19), 12. Универсал (8), 13. Пралеска (18), 14. А 93 (13), 15. А 29 (2), 16. Смолич (11), 17. Василек (20), 18. Могилевский 2 (27), 19. Томский 16 (26), 20. Импульс (16), 21. Агата (24), 22. Алексим (22), 23. Лидер (23), 24. Дашковский (28), 25. Тверской (30)

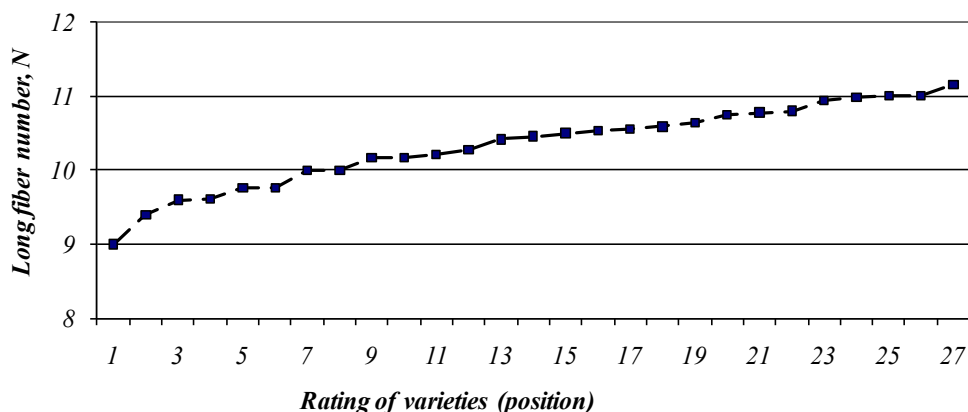


Fig. 5. The distribution of varieties by the number of long fiber from flax fiber number 1.50.

Rating of varieties in comparison with the average: 1. Grant (3), 2. Aleksandrit (1), 3. Tomskiy 18 (5), 4. Sofiya (9), 5. Tomskiy 17 (6), 6. Lenok (17), 7. Tost (12), 8. Syuzanna (21), 9. Lira (15), 10. Surskiy (4), 11. Tsezar' (19), 12. Universal (8), 13. Praleska (18), 14. A 93 (13), 15. A 29 (2), 16. Smolich (11), 17. Vasilek (20), 18. Mogilevskiy 2 (27), 19. Tomskiy 16 (26), 20. Impul's (16), 21. Agata (24), 22. Aleksim (22), 23. Lider (23), 24. Dashkovskiy (28), 25. Tverskoy (30)

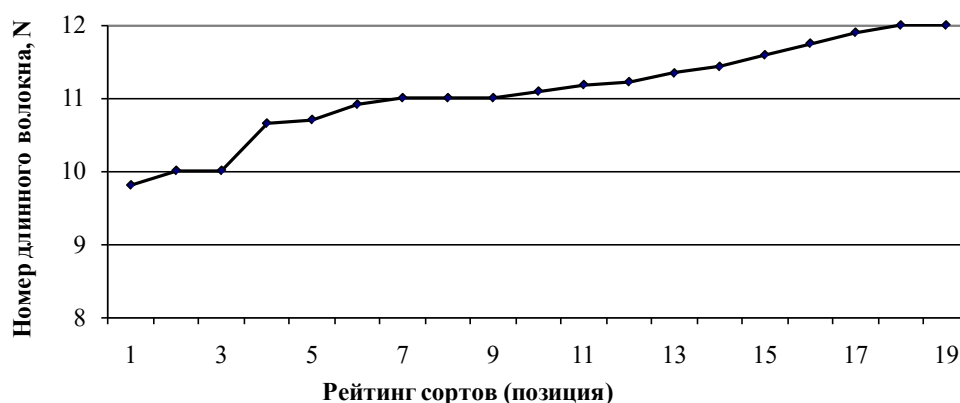


Рис. 6. Распределение сортов по номеру длинного волокна из льнотресты номера 1,75.

Рейтинг сортов в сравнении со средним: 1. Александрит (1), 2. Грант (3), 3. Томский 18 (5), 4. Пралеска (18), 5. Тост (12), 6. Лира (15), 7. Сурский (4), 8. Цезарь (19), 9. Ленок (17), 10. Томский 16 (26), 11. Электра (10), 12. Алексим (22), 13. Эскалина (25), 14. Агата (24), 15. А 93 (13), 16. Дашковский (28), 17. Могилевский 2 (27), 18. Лидер (23), 19. Зарянка (29)

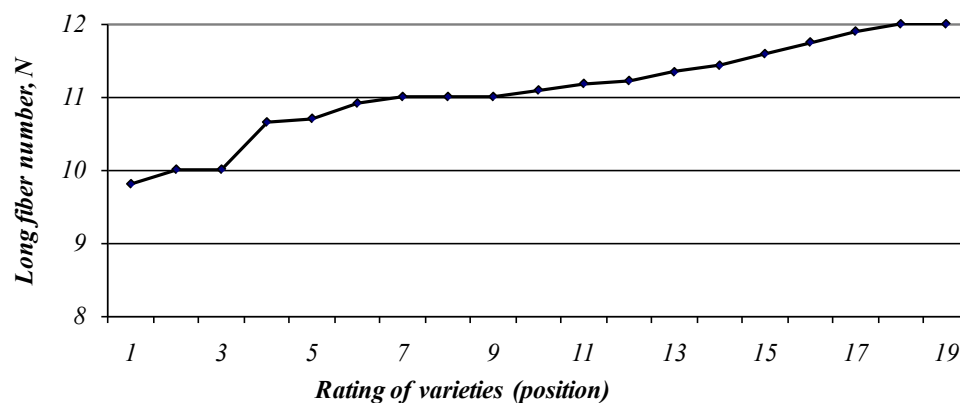


Fig. 6. The distribution of varieties by the number of long fiber from flax fiber numbers 1.75.

Rating of varieties in comparison with the average: 1. Aleksandrit (1), 2. Grant (3), 3. Tomskiy 18 (5), 4. Praleska (18), 5. Tost (12), 6. Lira (15), 7. Surskiy (4), 8. Tsezar' (19), 9. Lenok (17), 10. Tomskiy 16 (26), 11. Elektra (10), 12. Aleksim (22), 13. Eskalina (25), 14. Agata (24), 15. A 93 (13), 16. Dashkovskiy (28), 17. Mogilevskiy 2 (27), 18. Lider (23), 19. Zaryanka (29)

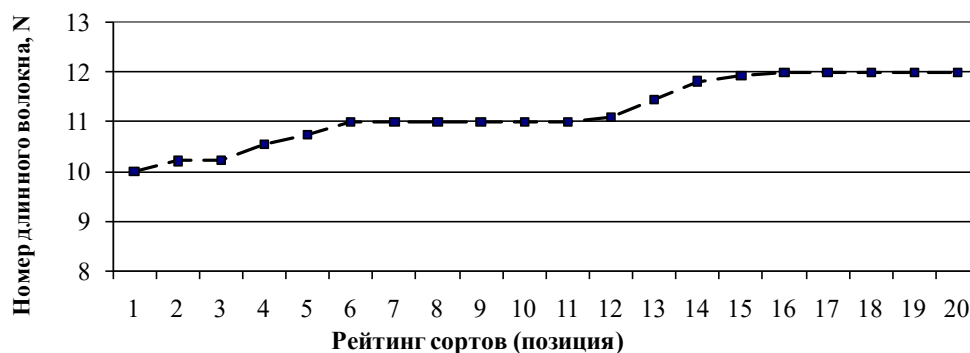


Рис. 7. Распределение сортов по номеру длинного волокна из льнотресты номера 1,75.

Рейтинг сортов в сравнении со средним: 1. Томский 18 (5), 2. Тост (12), 3. Томский 17 (6), 4. Ли́ра (15), 5. Электра (10), 6. Сурский (4), 7. Ленок (17), 8. Цезарь (19), 9. Универсал (8), 10. Пралеска (18), 11. Дипломат (14), 12. Томский 16 (26), 13. Сюзанна (21), 14. Агата (24), 15. Эскалина (25), 16. Могилевский 2 (27), 17. Альфа (31), 18. Тверской (30), 19. Дашиковский (28), 20. Алексим (22)

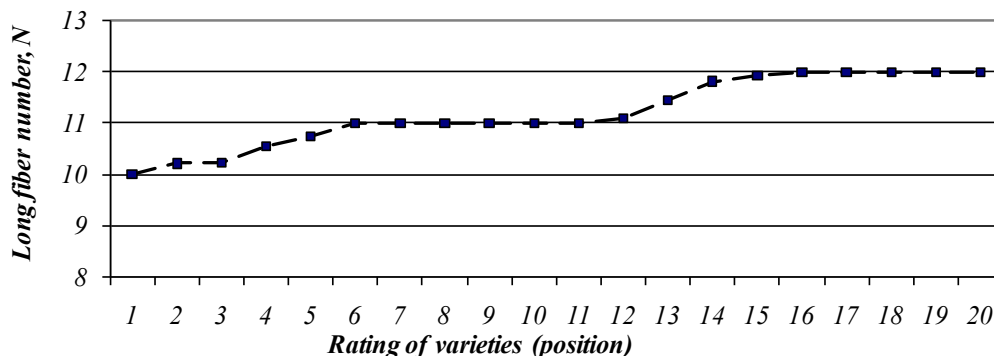


Fig. 7. The distribution of varieties by the number of long fiber from flax fiber numbers 1.75.

Rating of varieties in comparison with the average: 1. Tomskiy 18 (5), 2. Tost (12), 3. Tomskiy 17 (6), 4. Lira (15), 5. Elektra (10), 6. Surskiy (4), 7. Lenok (17), 8. Tsezar' (19), 9. Universal (8), 10. Pralaska (18), 11. Diplomat (14), 12. Tomskiy 16 (26), 13. Syuzanna (21), 14. Agata (24), 15. Eskalina (25), 16. Mogilevskiy 2 (27), 17. Al'fa (31), 18. Tverskoy (30), 19. Dashkovskiy (28), 20. Aleksim (22)

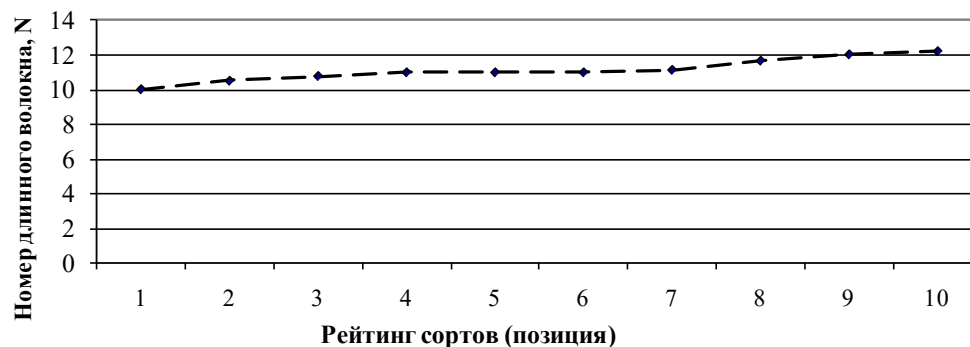


Рис. 8. Распределение сортов по номеру длинного волокна из льнотресты номера 2,50.

Рейтинг сортов в сравнении со средним: 1. Томский 18 (5), 2. Ли́ра (15), 3. Тост (12), 4. Универсал (8), 5. Пралеска (18), 6. Дипломат (14), 7. Ленок (17), 8. Агата (24), 9. Могилевский 2 (27), 10. Эскалина (25)

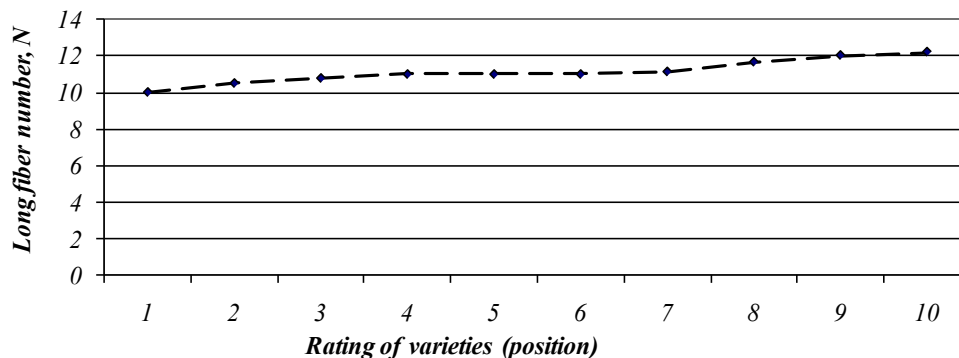


Fig. 8. The distribution of varieties by the number of long fiber from flax fiber number 2.50 Rating of varieties in comparison with the average: 1. Tomskiy 18 (5), 2. Lira (15), 3. Tost (12), 4. Universal (8), 5. Pralaska (18), 6. Diplomat (14), 7. Lenok (17), 8. Agata (24), 9. Mogilevskiy 2 (27), 10. Eskalina (25)

В подрисуночных подписях в скобках для сравнения указан средний рейтинг сортов, приведенный в таблице 1. Как видно из рисунков, рейтинг сортов по номеру длинного волокна в зависимости от качества льнотресты заметно отличается от среднего рейтинга, установленного для каждого из сортов по всей оценочной шкале определения ее номера. Например, сорт Могилевский 2 в среднем с высоким рейтингом 27, из льнотресты которого при переработке можно получить высококачественное длинное волокно, для конкретных номеров льнотресты имеет следующие значения рейтинга: 10 – для номера льнотресты 0,50; 21, 22, 9, 18, 17, 16, 9 – для номеров 0,75, 1,00, 1,25, 1,50, 1,75, 2,00, 2,50 соответственно. Набор, состоящий из 6 лучших сортов,

сформированный по результатам оценки качества длинного волокна, включает в себя различные сорта, льнотреста которых оценена номером от 0,50 до 2,50 и не совпадает с 6 сортами, отнесенными к лучшим по его качеству в среднем по всей оценочной шкале (таблица 2).

Из данных таблицы видно, что сорт Тверской чаще других входит в число лучших по качеству длинного волокна (из льнотресты номеров 1,00, 1,25, 1,50 – 1-е место; номера 2,00 – 3-е место), занимая в среднем 2-е место. Сорт Томский 16, в среднем занимающий 6-е место, отнесен к группе сортов с высокими качественными характеристиками длинного волокна из льнотресты номера 0,50 – 1-е место, номера 1,00 – 2-е место, номера 1,25 – 6-е место.

Таблица 2

Лучшие сорта льна-долгунца по качеству длинного волокна в разрезе номеров льнотресты

№ п/п	Сорта				Среднее по шкале оценки льнотресты
	Номер льнотресты				
	0,50	0,75	1,00	1,25	
1	Пралеска	Томский 16	Тверской	Тверской	1. Альфа 2. Тверской 3. Зарянка 4. Дашковский 5. Могилевский 2 6. Томский 16
2	Дашковский	Зарянка	Томский 16	Агата	
3	Электра	Василек	Алексим	Импульс	
4	Томский 17	Цезарь	Сюзанна	Зарянка	
5	Могилевский 2	Лира	Могилевский 2	Лидер	
6	Алексим	Ленок	Зарянка	Томский 16	
	Номер льнотресты				
	1,50	1,75	2,00	2,50	
1	Тверской	Зарянка	Алексим	Эскалина	
2	Дашковский	Лидер	Дашковский	Могилевский 2	
3	Лидер	Могилевский 2	Тверской	Агата	
4	Алексим	Дашковский	Альфа	Ленок	
5	Агата	А 93	Могилевский 2	Дашковский	
6	Импульс	Агата	Эскалина	Универсал	

Table 2

The best varieties of flax by the quality of long fiber in the context of the numbers of flax rating of varieties in comparison with the average:

No. of the	Variety				Average on the flax trust rating scale
	The number of the flax trust				
	0.50	0.75	1.00	1.25	
1	Praleska	Tomskiy 16	Tverskoy	Tverskoy	1. Al'fa 2 Tverskoy 3. Zaryanka 4. Dashkovskiy 5. Mogilevskiy 2 6. Tomskiy 16
2	Dashkovskiy	Zaryanka	Tomskiy 16	Agata	
3	Elektra	Vasilek	Aleksim	Impul's	
4	Tomskiy 17	Tsezar'	Syuzanna	Zaryanka	
5	Mogilevskiy 2	Lira	Mogilevskiy 2	Lider	
6	Aleksim	Lenok	Zaryanka	Tomskiy 16	
	The number of the flax trust				
	1,50	1,75	2,00	2,50	
1	Tverskoy	Zaryanka	Aleksim	Eskalina	
2	Dashkovskiy	Lider	Dashkovskiy	Mogilevskiy 2	
3	Lider	Mogilevskiy 2	Tverskoy	Agata	
4	Aleksim	Dashkovskiy	Al'fa	Lenok	
5	Agata	A 93	Mogilevskiy 2	Dashkovskiy	
6	Impul's	Agata	Eskalina	Universal	

Анализ данных, приведенных в таблицах 1, 2 и проиллюстрированных на рис. 1–8, показал, что качество длинного волокна изменяется как в зависимости от сорта льна-долгунца, так и от номера произведенной льнотресты каждого сорта, который был ей присвоен по результатам оценки по действующей нормативной документации.

Для того чтобы определить степень зависимости качества длинного волокна от двух факторов (сорта и номера льнотресты) и оценить силу их взаимного влияния на результативный признак,

был проведен дисперсионный анализ двухфакторного неравномерного комплекса. Исходные данные были сгруппированы по номеру длинного волокна с учетом подразделений регулируемых факторов: сортов, представленных средними рейтингами и номеров льнотресты согласно схеме (рис. 9).

Из данных таблицы 3 видно, что эффективность действия фактора номера льнотресты значительно выше ($F_{\phi} = 92,0 > F_{st} = 8,6$), чем фактора сорта ($F_{\phi} = 6,9 > F_{st} = 3,3$).



Рис. 9. Схема влияния факторов на результативный признак

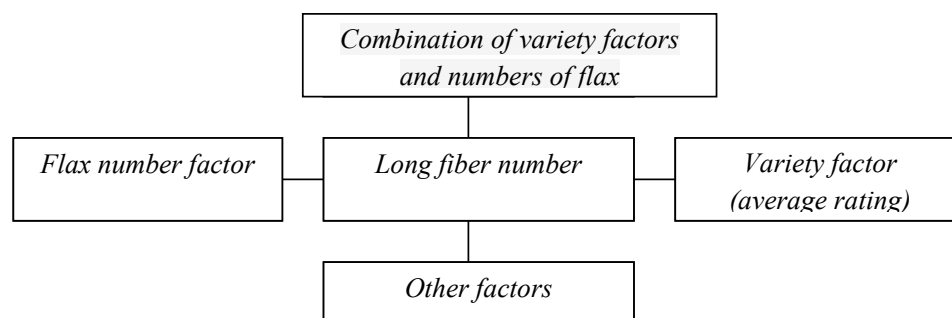


Fig. 9. Diagram of the influence of factors on the effective feature

Влияние на номер длинного волокна сорта льна-долгунца и номера льнотресты

Вариация	Степени свободы	Сумма квадратов	Средние квадраты (дисперсии)	Дисперсионные отношения	
				F_{ϕ}	$F_{st} (5 \%)$
По фактору сорта	3	1,80	0,26	6,9	3,3
По фактору номера льнотресты	7	74,82	24,94	92,0	8,6
Совместная (сорт $\times$ номер льнотресты)	21	132,26	6,30	0,41	1,9
Остаточная	128	32,64	0,26	—	—
Общая	159	551,79	3,47	—	—

The effect on the number of long fiber of the flax variety and the number of flax

Variation	Degree of freedom	Sum of squares	Mean squares (variances)	Dispersion relations	
				F_f	$F_{st} (5 \%)$
By the variety factor	3	1.80	0.26	6.9	3.3
According to the factor of the number of flax	7	74.82	24.94	92.0	8.6
Joint (variety $\times$ number of flax)	21	132.26	6.30	0.41	1.9
Residual	128	32.64	0.26	—	—
Total	159	551.79	3.47	—	—

Тем не менее достоверное влияние на результативный признак на 5-процентном уровне значимости доказано как номера льнотресты, так и сорта. Отсюда следует, что, для того чтобы потенциальные возможности сорта в отношении качества длинного волокна устойчиво проявлялись в производстве и переработке, необходимо произвести высококачественную льнотресту, имеющую номер не ниже 1,5. Поскольку в последние годы средний номер заготавливаемой льнотресты колеблется около номера 1,00, усилия селекционеров в выведении сортов, характеризующихся хорошим качеством волокна, практически обесцениваются. Поэтому решение проблемы обеспечения текстильной промышленности длинным волокном высокого качества (номеров 11,00–12,00), несомненно, обусловлено выращиванием высококачественного стеблевого материала любого из сортов льна-долгунца.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Установлено, что состав сортов, имеющих высокую рейтинговую оценку в отношении номе-

ра длинного волокна в среднем по всей оценочной шкале качества льнотресты, заметно отличается от аналогичного состава сортов при определении рейтинга в разрезе ее номеров.

2. Доказано, что качество длинного волокна, полученного из льнотресты в производственных условиях, в большей степени зависит от фактора номера льнотресты, чем от фактора сорта льна-долгунца. Для успешного решения проблемы обеспечения текстильной промышленности длинным (трепаным) волокном высокого качества, прежде всего, необходимо создать благоприятные условия для реализации потенциальных возможностей сортов льна-долгунца при переработке льнотресты на волокно путем повышения ее качества, как минимум до номера 1,50.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования ФГБНУ ФНЦ ЛК по теме № FGSS 0477-2019-0017.

Библиографический список

1. Виноградова Т. А., Кудряшова Т. А., Козьякова Н. Н. Характеристика сортов льна-долгунца различной селекции по комплексу признаков технологической ценности льносырья // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т.34. № 5. С. 32–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10505.
2. Голуб И. А. Перспективы возделывания и переработки льна-долгунца в Республике Беларусь // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2017. № 3. С. 91–98.
3. Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А., Козьякова Н. Н. Сравнительный анализ результатов переработки льнотресты сортов льна-долгунца отечественной и иностранной селекции по основным хозяйственно-ценным признакам // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 2 (392). С. 61–67. DOI: 10.47367/0021-3497_2021_2_61.
4. Пашин Е. Л., Пашина Л. В., Мичкина Г. А., Попова Т. А., Орлов А. В. Совершенствование системы оценки качества волокна на этапах внедрения новых сортов льна-долгунца. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 6 (384). С. 115–120.
5. Кирюшин В. И. Научно-инновационное обеспечение приоритетов сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 5–10. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10301.
6. Королева Е. Н., Новиков Э. В., Хаитов Н. Х., Безбабченко А. В. Прогнозирование выхода и номера трепаного льна по результатам лабораторной переработки льнотресты // Наука в центральной России. 2019. № 4 (40). С. 44–49.
7. Качественные показатели льна-долгунца [Электронный ресурс]. URL: <http://agentstvo-len.ru/kachestvennye-pokazateli-lna-dolgunca> (дата обращения: 03.02.2022).
8. Жарких О. А., Дмитриевская И. И., Белопухов С. Л. Влияние хелатных препаратов на урожай льна и качество льнопродукции // Плодородие. 2021. № 4 (121). С. 19–22.
9. Белопухов С. Л., Дмитриевская И. И., Гришина Е. А., Кулемкин Ю. В., Букина С. В. Определение содержания целлюлозы в льнопродукции методом ближней инфракрасной спектроскопии // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 4 (370). С. 115–118.
10. Рожмина Т. А., Жученко А. А., Рожмина Н. Ю., Киселева Т. С., Герасимова Е. Г. Новые источники селекционных значимых признаков льна, адаптивные к условиям Центрального Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 50–55. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10808.
11. Павлова Л. Н., Рожмина Т. А., Герасимова Е. Г., Румянцев В. Н., Кудрявцева Л. П., Киселева Т. С. Хозяйственная ценность новых сортов льна-долгунца // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, прибыли и перспективы: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Тверь, 2018. С. 18–20.
12. Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А., Козьякова Н. Н. Конкурентоспособность отечественных сортов льна-долгунца по выходу и качеству длинного волокна при переработке льнотресты в современных условиях производства. // Вестник НГАУ. 2020. № 3 (56). С. 55–65. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-56-3-55-65.

13. Шиманская Н. С., Ущиповский И. В., Прокофьев С. В. Тенденция совершенствования методов и приборов для оценки качества льносырья (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (6). С. 639–652. DOI: 10/30766/2072-9081.
14. Басова Н. В., Новиков Э. В., Безбабченко А. В. Анализ экономической эффективности первичной и глубокой переработки лубяных культур // АПК: Экономика, управление. 2021. № 7. С. 66–74. DOI: 10.333005/217-66.
15. Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А., Козьякова Н. Н. Действующие нормативы перевода льнотресты сортов льна-долгунца в условное волокно с оценкой результативности их использования // Аграрный вестник Урала. 2021. № 3 (206). С. 30–37. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-30-37.
16. Ниворожкина Л. Н., Аржаповский С. В., Рудяга А. А. Статистические методы анализа данных: учебник. Москва: Риф, 2018. 320 с.
17. Ивченко Т. И., Медведев Ю. И. Математическая статистика: учебник. Москва: Либроком, 2020. 352 с.
18. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник. Москва: Юрайт, 2018. 480 с.

Об авторах:

Татьяна Александровна Виноградова¹, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0002-8272-0524, AuthorID 781567; +7 910 534-03-37, info.trk@fncl.ru

Тамара Александровна Кудряшова¹, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0003-2090-734x, AuthorID 603426; +7 920 708-50-85

Наталья Николаевна Козьякова¹, научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0001-9220-5908, AuthorID 773867

¹Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

The dependence of the quality of the frayed fiber on the variety of flax and the number of flax

T. A. Vinogradova[✉], T. A. Kudryashova¹, N. N. Kozyakova¹

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

[✉]E-mail: info.trk@fncl.ru

Abstract. The article presents information on the quality of long fiber obtained from flax of various quality of 31 varieties of flax of domestic and foreign selection during processing at flax processing enterprises of flax-growing regions of the Russian Federation. **The purpose** of the research is to determine the strength of the influence on the quality of the long fiber obtained during the processing of flax at processing enterprises, factors of the flax-long flax variety and the number of flax. **Methods.** The material for the study was flax fiber, represented by 523 batches and the long fiber obtained from it. The control developments of the flax trust were carried out according to a special methodological program with an assessment of the quality of fiber products according to the current regulatory documentation. A rating assessment of varieties by the quality of long fiber and a dispersion analysis of experimental data was carried out according to the scheme of a two-factor uneven complex. **Results.** Using the rating assessment of varieties by the quality of long fiber, a group of varieties characterized by its highest quality was determined when determining the number of flax on the entire evaluation scale. These include the following varieties: Al'fa, Tverskoy, Zaryanka, Dashkovskiy, Mogilevskiy 2, Tomskiy 16. It is noted that in the context of the numbers of the flax trust, the set of varieties with high quality of long fiber represented by the rating varies significantly. It was found that the number of long fibers obtained during the processing of flax is more dependent on the quality of the produced flax (dispersion ratio $F_f = 92.0 > F_{st} = 8.6$) than the grade factor ($F_f = 6.9 > F_{st} = 3.3$). It is shown that the solution to the problem of improving the quality of long fiber that meets the requirements of the textile industry is primarily associated with the production of high-quality flax. The flax must have a quality of at least number 1.50. **Scientific novelty.** The priority of the factor of the flax seed number over the factor of the flax variety is proved, and their reliable influence on the quality of the long fiber produced at flax processing enterprises.

Keywords: variety, flax, quality, number, flax, long (frayed) fiber, processing.

For citation: Vinogradova T. A., Kudryashova T. A., Kozyakova N. N. Zavisimost' kachestva trepanogo volokna ot sorta l'na-dolguntsa i nomera l'notresty [The dependence of the quality of the frayed fiber on the variety of flax

and the number of flax] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 2–15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-2-15. (In Russian.)

Date of paper submission: 24.02.2022, *date of review:* 14.03.2022, *date of acceptance:* 01.04.2022.

References

1. Vinogradova T. A., Kudryashova T. A., Koz'yakova N. N. Kharakteristika sortov l'na-dolguntsa razlichnoy selektsii po kompleksu priznakov tekhnologicheskoy tsennosti l'nosyr'ya [Comparative analysis of the results of the processing of flax seeds of flax varieties of domestic and foreign selection according to the main economically valuable characteristics] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2021. Vol. 34. No. 5. Pp. 32–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10505. (In Russian.)
2. Golub I. A. Perspektivy vozdel'yvaniya i pererabotki l'na-dolguntsa v Respublike Belarus' [Prospects of cultivation and processing of flax in the Republic of Belarus] // Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk. 2017. No. 3. Pp. 91–98. (In Russian.)
3. Kudryashova T. A., Vinogradova T. A., Koz'yakova N. N. Sravnitel'nyy analiz rezul'tatov pererabotki l'notresty sortov l'na-dolguntsa otechestvennoy i inostrannoy selektsii po osnovnym khozyaistvenno-tsennym priznakam [Characteristics of flax varieties of various selection according to the complex of signs of the technological value of flax raw materials] // Proceedings of Higher Educational Institutions. Series "Textile Industry Technology". 2021. No. 2 (392). Pp. 61–67. DOI: 10.47367/0021-3497_2021_2_61. (In Russian.)
4. Pashin E. L., Pashina L. V., Michkina G. A., Popova T. A., Orlov A. V. Sovershenstvovanie sistemy otsenki kachestva volokna na etapakh vnedreniya novykh sortov l'na-dolguntsa // Proceedings of Higher Educational Institutions. Series "Textile Industry Technology". 2019. No. 6 (384). Pp. 115–120. (In Russian.)
5. Kiryushin V. I. Nauchno-innovatsionnoe obespechenie prioritetov sel'skogo khozyaystva [Scientific and innovative support of agricultural priorities] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 3. Pp. 5–10. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10301. (In Russian.)
6. Koroleva E., Novikov E., Khaitov N. K., Bezbabchenko A. B. Prognozirovaniye vykhoda i nomera trepanogo l'na po rezul'tatam laboratornoy pererabotki l'notresty [Forecasting the yield and number of flaxseeds based on the results of laboratory processing of flaxseeds] // Nauka v tsentralnoy Rossii. 2019. No. 4 (40). Pp. 44–49. (In Russian.)
7. Kachestvennye pokazateli l'na-dolguntsa [Quality indicators of fiber flax] [e-resource]. URL: <http://agentstvo-len.ru/kachestvennye-pokazateli-lna-dolgunca> (date of reference: 03.02.2022). (In Russian.)
8. Zharkikh O. A., Dmitrievskaya I. I., Belopukhov S. L. Vliyanie khelatnykh preparatov na urozhay l'na i kachestvo l'notresty [The effect of chelated preparations on the flax harvest and the quality of flax products] // Plodorodie. 2021. No. 4. (121). Pp. 19–22. (In Russian.)
9. Belopukhov S. L., Dmitrievskaya I. I., Grishina E. A., Kulemkin Yu. V., Bukina S. V. Opredelenie soderzhaniya tsellyulozy v l'notresty metodom blizhney infrakrasnoy spektroskopii [Determination of cellulose content in flax products by near infrared spectroscopy] // Proceedings of Higher Educational Institutions. Series "Textile Industry Technology". 2017. No. 4 (370). Pp. 115–118. (In Russian.)
10. Rozhmina T. A., Zhuchenko A. A., Rozhmina N. Yu., Kiseleva T. S., Gerasimova E. G. Novyye istochniki selektsionnykh znachimyykh priznakov l'na, adaptivnyye k usloviyam Tsentral'nogo Nechernozem'ya [New sources of breeding significant traits of flax, adaptive to the conditions of the Central Non-Black Earth Region] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. Vol. 34. No. 8. Pp. 12–14. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10808. (In Russian.)
11. Pavlova L. N., Rozhmina T. A., Gerasimova E. G., Rummyantseva V. N., Kudryavtseva L. P., Kiseleva T. S. Khozyaystvennaya tsennost' novykh sortov l'na-dolguntsa [Economic value of new varieties of fiber flax] // Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyaniye, pribyli i perspektivy: sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tver, 2018. Pp. 18–20. (In Russian.)
12. Kudryashova T. A., Vinogradova T. A., Koz'yakova N. N. Konkurentosposobnost' otechestvennykh sortov l'na-dolguntsa po vykhodu i kachestvu dlinnogo volokna pri pererabotke l'notresty v sovremennykh usloviyakh proizvodstva [Competitiveness of domestic varieties of fiber flax in terms of yield and quality of long fiber when processing flax under modern production conditions] // Vestnik NGAU. 2020. No. 3 (56). Pp. 55–65. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-56-3-55-65. (In Russian.)
13. Shimanskaya N. S., Ushchapovskiy I. V., Prokof'yev S. V. Tendentsiya sovershenstvovaniya metodov i priborov dlya otsenki kachestva l'nosyr'ya (obzor) [The trend of improving methods and devices for assessing the quality of flax raw materials (review)] // Agrarian science of the Euro-North-East. 2020. No. 21 (6). Pp. 639–652. DOI: 10.30766/2072-9081. (In Russian.)

14. Basova N. V., Novikov E. V., Bezbabchenko A. V. Analiz ekonomicheskoy effektivnosti pervichnoy i glubokoy pererabotki lubyanykh kul'tur [Analysis of the economic efficiency of primary and deep processing of bast crops] // Agroindustrial complex: Economics, management. 2021. No. 7. Pp. 66–74. DOI: 10.333005/217-66. (In Russian.)
15. Kudryashova T. A., Vinogradova T. A., Koz'yakova N. N. Deystvuyushchie normativy perevoda l'notresty sortov l'na-dolguntsa v uslovnnoe volokno s otsenkoy rezul'tativnosti ikh ispol'zovaniya [Current standards for the conversion of flax varieties of fiber flax into conditional fiber with an assessment of the effectiveness of their use] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 3 (206). Pp. 30–37. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-30-37. (In Russian.)
16. Nivorozhkina L. N., Arzhapovskiy S. V., Rudyaga A. A. Statisticheskie metody analiza dannykh: uchebnik [Statistical methods of data analysis: a textbook]. Moscow: Rif, 2018. 320 p. (In Russian.)
17. Ivchenko T. I., Medvedev Yu. I. Matematicheskaya statistika: uchebnik [Mathematical statistics: a textbook]. Moscow: Librokom, 2020. 352 p. (In Russian.)
18. Gmurman V. E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: uchebnik [Theory of probability and mathematical statistics: a textbook]. Moscow: Yurayt, 2018. 480 p. (In Russian.)

Authors' information:

Tatyana A. Vinogradova¹, senior researcher of the laboratory of agricultural technology, ORCID 0000-0002-8272-0524, AuthorID 781567; +7 910 534-03-37, info.trk@fncl.ru

Tamara A. Kudryashova¹, candidate of technical sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural technology, ORCID 0000-0003-2090-734x, AuthorID 603426; +7 920 708-50-85

Natalya N. Kozyakova¹, researcher of the laboratory of agricultural technology, ORCID 0000-0001-9220-5908, AuthorID 773867

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

Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои

А. П. Галиченко[✉], Е. М. Фокина¹

¹Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

✉E-mail: gap@vniiso.ru

Аннотация. Цель – изучить корреляционную зависимость урожайности сортов сои от гидротермических условий южной зоны Амурской области. **Методы.** Объект исследования – местные районированные стандартные сорта сои – Лидия, Даурия и Алена. Экспериментальная часть работы проведена в 2017–2021 гг. на опытном поле лаборатории селекции и генетики сои Федерального научного центра Всероссийского научно-исследовательского института сои (ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои). Сорта изучали в питомнике конкурсного сортоиспытания. Посев осуществляли в трехкратной повторности методом рендомизированных повторений (блоков) в период 19 по 21 мая сеялкой СН-П-16. Площадь делянки – 40,5 м². В течение вегетации производили культивацию, ручные прополки, фенологические наблюдения и визуальные оценки. Уборку делянок вели сплошным обмолотом комбайном «Сампо 130». Урожайность сортов определяли с пересчетом на стандартную влажность (14 %). **Результаты.** В процессе проведенного анализа урожайных данных сортов в зависимости от погодных условий было установлено, что избыточно влажными были 2019 и 2020 гг. (ГТК – 2,6 и 2,4 соответственно), оптимальные условия сложились в 2017 г. (ГТК – 1,7). Самая высокая среднесортная урожайность за годы исследований – 26,5 ц/га отмечена в 2017, самая низкая – 23,4 ц/га – в сложных метеорологических условиях 2018 г. из-за засушливого периода начального этапа роста растений и сильных ливневых осадков впоследствии. В процессе изучения установлено, что на формирование урожайности сорта сои Лидия основное влияние оказывает сумма активных температур в периоды «всходы – цветение» и «цветение – созревание» ($r = 0,51$ и $-0,53$). Продуктивность сорта Даурия в большей степени зависит от температуры воздуха ($r = -0,61$) и суммы осадков и ГТК периода «цветение – созревание» ($r = 0,62$; $0,67$). Сорт сои Алена показал довольно тесную корреляционную зависимость продуктивности от суммы активных температур периодов «посев – всходы» и «цветение – созревание» ($r = -0,87$ и $-0,68$) и суммы осадков и ГТК периода «всходы – цветение» ($r = -0,64$ и $-0,60$ соответственно). **Научная новизна.** Выявлены особенности влияния метеорологических условий на урожайность сортов сои различных групп спелости, определена корреляционная связь между ними. Установлено, что все изучаемые сорта являются высокоадаптивными к изменяющимся погоднo-климатическим условиям Амурской области.

Ключевые слова: соя, сорт, метеорологические условия, сумма активных температур, сумма осадков, гидротермический коэффициент, урожайность, корреляция.

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

Дата поступления статьи: 15.04.2022, **дата рецензирования:** 27.04.2022, **дата принятия:** 13.05.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Особую заинтересованность для сельскохозяйственного производства представляют зернобобовые культуры из-за двух важнейших качеств, характерных для видов семейства Fabaceae и определяющих их высокую экономическую, хозяйственную и экологическую значимость: высокое содержание белка и способность растений использовать фикси-

рованный атмосферный азот. Исключительным химическим составом семян обращает на себя внимание соя *Glycine max* (L.) Merr. Она является одной из главнейших масличных культур и источником белка в современном сельском хозяйстве. Этот род возник в Китае более 3000 лет назад в результате одомашнивания дикой сои (*Glycine soja*). В настоящее время соя распространилась далеко за пределы

региона своего происхождения в страны с различными почвенно-климатическими условиями [1–3].

В мировом растениеводстве производство этой культуры развивается очень динамично, что объясняется возрастающим спросом на растительные масла и дефицитом животного белка. К настоящему времени соя возделывается в 94 странах мира, практически на всех континентах планеты [4–6].

В последние годы происходит стремительный рост производства сои в России за счет увеличения ареала возделывания и повышения ее урожайности. В 2020 г. под соей было занято 2,86 млн га, что составило 3,6 % от общего объема посевных площадей в стране. Валовой сбор культуры увеличился до 3,6 млн тонн [7].

В процессе интенсификации земледелия происходит повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в результате улучшения условий их возделывания и применения новых урожайных сортов. При этом роль сорта оказывается значительной. Данные научно-исследовательских учреждений РФ и мировая практика показывают, что доля сорта в общем приросте урожайности полевых культур составляет от 25 до 50 %. Сорт является не только фактором повышения урожайности, но и условием, без которого трудно воплотить в жизнь достижения науки и техники. Ценность сорта тем выше, чем больше в нем сочетаются самые важные технологические, хозяйственные и биологические свойства. Создание высокопродуктивных и экологически устойчивых сортов и гибридов, способных с наибольшей эффективностью задействовать в процессе развития ресурсы окружающей среды, препятствовать действию абиотических и биотических стрессоров, их разумное адаптивное распределение во времени и пространстве на основе знаний об особенностях биологии, морфологии и физиологии культуры является на сегодняшний день одной из главных целей в селекционных исследованиях [8–11].

Зависимость между метеорологическими условиями и урожайностью сельскохозяйственных культур направлена на объяснение воздействия изменчивости климата на окружающую среду. Колебания температуры и влажности воздуха оказывают воздействие на водный баланс и являются главными факторами повышения или понижения урожайности сельскохозяйственных культур. Такие гидро-термические вариации способны затронуть любой регион. И даже в технически развитых странах они могут привести к серьезным последствиям в производстве продуктов питания [12].

Изменения климата становятся в настоящее время существенным фактором внутренней и внешней политики, которые грозят серьезными проблемами для устойчивого развития экономики, в том числе аграрного сектора. На территории России продолжается потепление, темпы которого ощутимо пре-

вышают среднеглобальные. Увеличение средней температуры воздуха в среднем за десять лет на территории РФ составило 0,49 °C. Это более чем в два с половиной раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период. Отмечается, что на всей территории аграрной зоны России растет обеспеченность теплом сельскохозяйственных культур, что приводит к росту продолжительности периода вегетации. Количество осадков в целом по стране также увеличивается [13; 14].

Как и другие зернобобовые культуры, соя зависима от влияния стрессовых факторов, которые возникают при изменении погодно-климатических условий в процессе формирования урожая. В отдельные годы отмечаются сильное снижение урожайности и ее нестабильность при выращивании в различных агроклиматических условиях. Одним из важных свойств современных сортов сои является способность приспосабливаться к изменяющимся погодным условиям региона, то есть их адаптационная способность [15; 16].

Дальний Восток в целом является регионом, благоприятным для возделывания сои, так как муссонно-континентальный климат, оптимальная или недостаточная влажность на начальном этапе развития культуры, повышенная в период цветения и бобообразования, достаточно высокие дневные температуры в период цветения соответствуют биологии сои. На территории Дальневосточного федерального округа (ДФО) соя является основной возделываемой культурой, на долю южных регионов ДФО приходится около 50 % общей площади посевов сои в России. Главной целью на современном этапе развития является создание сортов сои, способных обеспечить высокие урожаи в условиях с ограниченными тепловыми ресурсами, которую с успехом решают ученые-селекционеры научно-исследовательских организаций региона [17].

Соя в условиях Амурской области может произрастать в диапазоне сумм активных температур от 1800 до 2700 °C. Сумма осадков за вегетацию в среднем составляет 400–600 мм. Однако в период вегетации часто отмечается крайне неравномерное выпадение осадков, а иногда кратковременное понижение температуры воздуха в конце мая – начале июня, которое способствует затягиванию появления всходов, обуславливая их неравномерность. Из-за избыточного переувлажнения почвы в период цветения и налива бобов растения сои не формируют полноценную продуктивную завязь бобов, что негативно отражается на урожайности. Тем не менее в целом комплекс гидро-термических и других условий региона делает возможным получение стабильного урожая зерна сои высокого качества [18; 19].

Цель исследований – изучить корреляционную зависимость урожайности сортов сои от погодно-климатических условий южной зоны Амурской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в 2017–2021 гг. на экспериментальном поле лаборатории селекции и генетики ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, расположенном в с. Садовое Тамбовского района Амурской области. Почвы опытного участка лугово-черноземовидные, среднемощные, тяжелые по гранулометрическому составу. Реакция почвенной среды слабокислая ($\text{pH}_{\text{КСЛ}} = 4,8 \dots 5,0$), содержание гумуса – 2,60...2,86 %, минерального азота – 15,2...17,2 мг/кг почвы, подвижного фосфора и калия – 76...98 и 169...199 мг/кг почвы соответственно. Обработка почвы включала зяблевую вспашку, весеннее дискование, внесение минеральных удобрений с последующей культивацией, предпосевное внесение почвенного гербицида с дальнейшим прикатыванием и маркированием опытного участка. Изучение сортов проводили в питомнике конкурсного сортоиспытания. Посев осуществляли в трехкратной повторности методом рендомизированных повторений (блоков) в период 19 по 21 мая сеялкой СН-П-16. Площадь делянки – 40,5 м². В течение вегетации выполняли культивацию, ручные прополки, фенологические наблюдения и визуальные оценки. Уборка делянок велась сплошным обмолотом комбайном «Сампо 130». Урожайность сортов определяли с пересчетом на стандартную влажность (14 %).

Объект исследования – 3 стандартных сорта сои различных групп спелости селекции ВНИИ сои: скороспелый (Лидия), среднеспелый (Даурия) и позднеспелый (Алена).

Сорт сои Лидия (патент № 2628, оригинатор ВНИИ сои) включен в 2005 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ для использования по 11 (Восточно-Сибирскому) и 12 (Дальневосточному) регионам. Период вегетации – 100 дней (96–104), предназначен для выращивания в умеренно холодных сосеюющих регионах. Высота растений достигает 73 (57–90) см, высота прикрепления нижнего боба – 15 (12–18) см. Окраска цветка фиолетовая, лист заостренно-яйцевидный трехлисточковый. Бобы слабоизогнутые с заостренным кончиком среднего размера двух-, трехсемянные. Цвет бобов светло-коричневый, опушение рыжее. Семена желтые, блеск слабый. Форма семян овально-плоская или овально-удлиненная, поверхность гладкая, в различные годы морщинистая до разрыва оболочки. Рубчик коричневой окраски, очертание рубчика расплывчатое, середина рубчика в виде глазка, по форме широкоовальный, удлиненный, встречается средних размеров. Масса 1000 семян – 158–168 г. Содержание белка в семенах находится в пределах 39,3–41,1 %, жира – 20,6–21,8 %. Урожайность семян составляет 2,0–3,05 т/га. Норма высева семян – 600–650 тыс. шт/га. Форма куста полусжатая, с 2–5 боковыми ветками. Данный сорт формирует высокую урожайность за счет большого числа

бобов на ветвях и главном стебле. Сорт приспособлен к механизированному возделыванию, без надлома ветвей у основания стебля. Совокупность высокой продуктивности и скороспелости позволяет получать высокие урожаи зерна хорошего качества. Предназначен для зернового и пищевого использования.

Сорт сои Даурия (патент № 1850, оригинатор ВНИИ сои) в 2003 г. включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ для использования по (Дальневосточному) региону. Период вегетации в среднем составляет 106 (104–110) дней. Высота растений достигает 70 (50–90 см), высота прикрепления нижнего боба 16 (15–18) см. Цветок фиолетовый, лист яйцевидный трехлисточковый. Бобы серого цвета, двух-, трех-, четырехсемянные, слабоизогнутые, заостренные, опушение серое. Семена округлой формы, желтого цвета, рубчик линейный цвета семени. В основании рубчика – точка темного цвета, которая иногда принимает вид расплывчатого пятна коричневого цвета. Масса 1000 семян – 182,5–214,5 г. Содержание жира в семенах находится в пределах 19,9–21,9 %, белка – 37,3–40,3%. Урожайность семян достигает 2,52–3,64 т/га. Норма высева составляет 480–520 тыс. шт/га. Сорт хорошо приспособлен к механизированному возделыванию. Куст устойчив к полеганию, сжатый с 1–4 ветками, нет надлома ветвей у основания стебля. Растения сорта устойчивы к корневым гнилям, филlostиктозу, бактериозу и септориозу. Предназначен для пищевого и зернового использования.

Сорт сои Алена (патент № 7435, оригинатор ВНИИ сои) включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2014 г. для использования по Дальневосточному региону. Продолжительность периода вегетации – 110–125 дней, в среднем 117 дней, сорт относится к позднеспелой группе. Высота растений достигает 85–110 см, высота прикрепления нижних бобов – 18–32 см. Цветок фиолетовый, лист ланцетовидный трехлисточковый. Бобы двух-, трех-, четырехсемянные (четырёхсемянных около 40 %) серого цвета, опушение серое. Семена желтые, слабо-блестящие, шаровидные, поверхность семян гладкая. Рубчик маленький, овальной формы, желтого цвета. Масса 1000 семян находится в пределах 152–200 г. Содержание в семенах белка достигает 38,1–38,7 %, жира – 18,0–19,9 %. Потенциальная урожайность – 3,90 т/га, средняя – 3,56 т/га. Срок посева с 6 по 20 мая. Норма высева семян составляет 400–500 тыс. шт/га. Сорт сои Алена обладает высокой устойчивостью к септориозу и бактериальным болезням, средней устойчивостью к филlostиктозу и корневым гнилям. Устойчив к пониженным температурам в период прорастания, рекомендуется ранний посев с 8 по 15 мая. Тип роста куста – индетерминантный, форма куста прямостоячая с ограниченным количеством веток

без надлома у основания стебля. Растения не полегают, бобы не растрескиваются. Сорт хорошо приспособлен к механизированному возделыванию. Предназначен для пищевого и зернового использования [18; 19].

Для оценки влияния погодных условий на урожайность сои использовали следующие показатели: температура воздуха, осадки и гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК) в основные периоды развития растений сои. Метеоданные получены с гидрометеостанции г. Благовещенска и метеопоста Садовый. Проводили расчет коэффициентов парной корреляции Пирсона (некоторое число от -1 до 1 , характеризующее тесноту линейной корреляционной связи между зависимой и независимой случайными величинами) [20].

Результаты (Results)

Анализ вегетационных периодов изучаемых лет позволил установить, что суммы активных температур (более 10°C) были выше среднееголетнего значения на $124\text{--}238^{\circ}\text{C}$. Суммы осадков в течение 5 лет превышали среднееголетний показатель на $52\text{--}176\text{ мм}$. Среднееголетняя величина гидротермического коэффициента за исследуемый период составила $1,8$.

Гидротермический режим 2017 г. в течение всей вегетации сои был наиболее близок к норме (ГТК $= 1,7$), наблюдалось незначительное превышение температур в пределах $0,2\text{--}1,7^{\circ}\text{C}$ от среднееголетнего показателя, осадков за период выпало на 52 мм больше нормы (рис. 1, 2, 3).

В течение всей вегетации 2018 г. наблюдался неравномерный температурный фон с превышением температуры в мае, июле и августе на $0,8\text{--}2^{\circ}\text{C}$ и понижением в июне на $0,9^{\circ}\text{C}$ относительно среднееголетней. При этом в мае отмечен недостаток влаги, что отрицательно отразилось на всходах и на развитии растений сои в начальный период роста, в июне и июле – переизбыток, превышение среднееголетних показателей произошло на $103,2\text{ мм}$ (ГТК $= 3,5$) и на $75,8\text{ мм}$ (ГТК $= 2,6$) соответственно, в результате чего наблюдалось сильное переувлажнение почвы и гибель растений на отдельных участках.

Сложившиеся погодные условия 2019 г. (ГТК $= 2,6$) отличались переувлажнением почвы и понижением температур на $0,1\text{--}0,5^{\circ}\text{C}$ относительно среднееголетних значений. Сумма осадков в мае превышала среднееголетний показатель на $27,6\text{ мм}$, в июне – на $9,4\text{ мм}$, максимальное количество осадков выпало в июле – $246,8\text{ мм}$, что на $140,8\text{ мм}$ больше среднееголетнего показателя.

Метеорологические условия 2020 г. также характеризовались нестабильным температурным фоном (температуры в течение всей вегетации превышали среднееголетние показатели на $1,1\text{--}2,6^{\circ}\text{C}$) и отличались избыточным количеством осадков. В мае сумма осадков превысила норму на $33,5\text{ мм}$, в июне – на 55 мм , в августе – на $72,2\text{ мм}$, в сентябре – на $44,3\text{ мм}$, июль был сравнительно сухой, осадков выпало на $63,3\text{ мм}$ ниже среднееголетнего показателя. Показатель ГТК за период составил $2,4$.

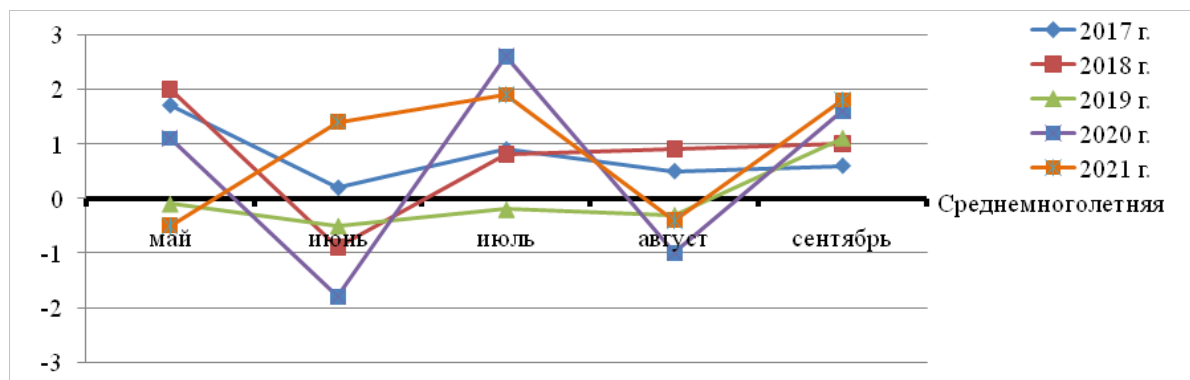


Рис. 1. Отклонение температуры воздуха относительно среднееголетних показателей, $^{\circ}\text{C}$

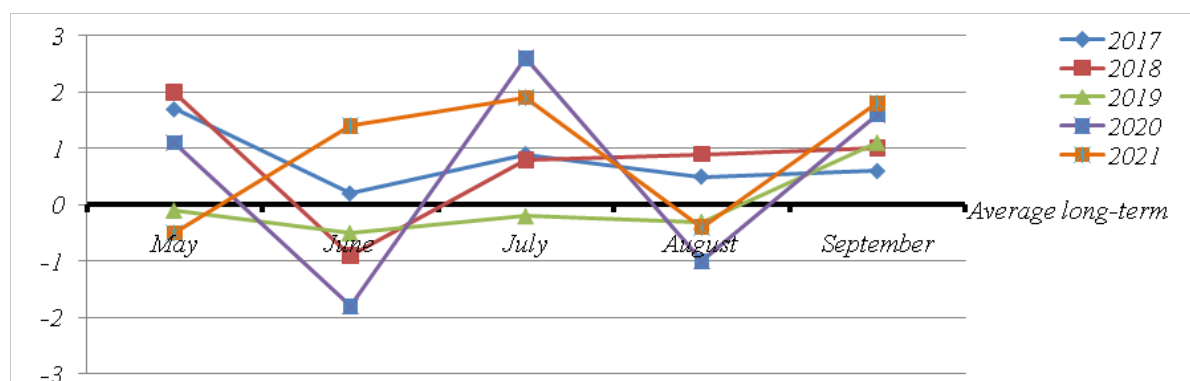


Fig. 1. Deviation of the air temperature relative to the average long-term indicators, $^{\circ}\text{C}$

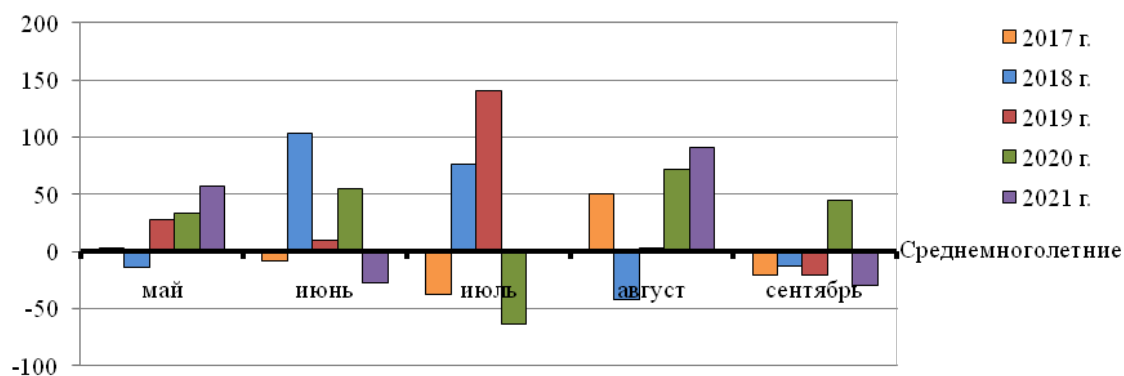


Рис. 2. Отклонение количества осадков относительно среднемноголетних показателей, мм

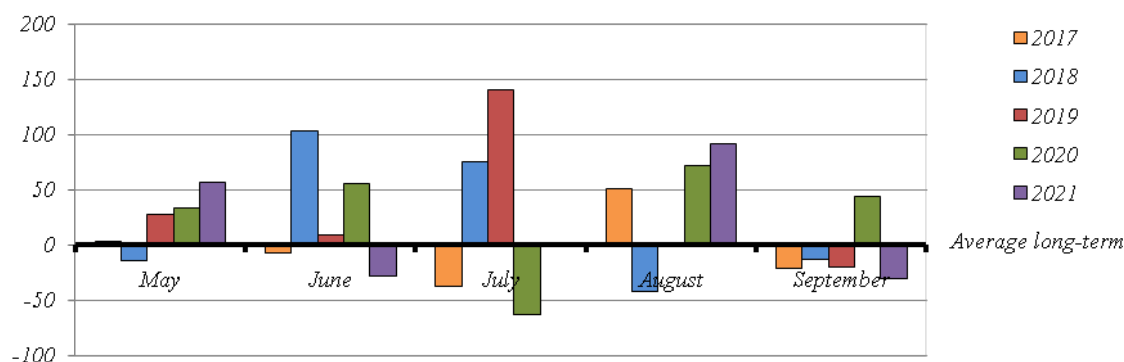


Fig. 2. Deviation of the amount of precipitation relative to the average annual indicators, mm

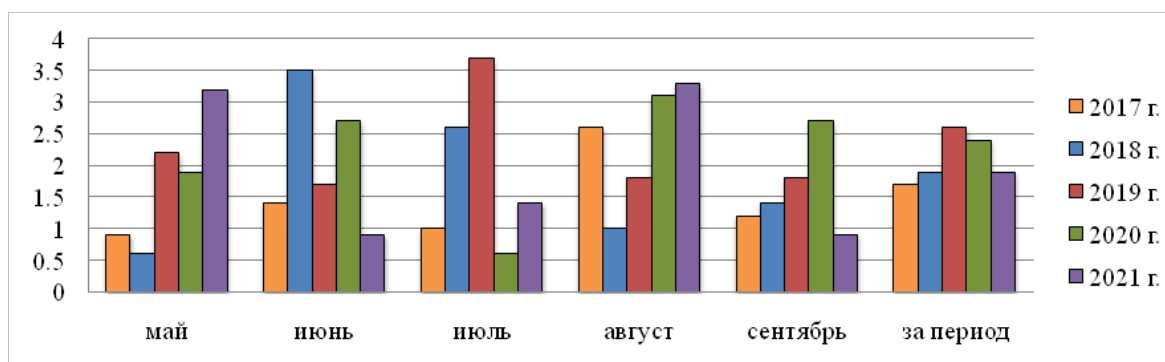


Рис. 3. Гидротермический коэффициент в период вегетации сои 2017–2021 гг.

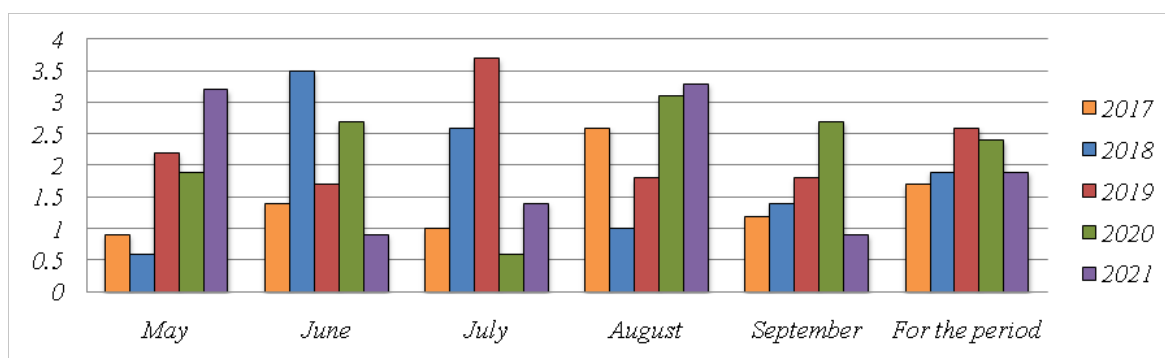


Fig. 3. Hydrothermal factor during the growing season of soybeans 2017–2021

Таблица 1

Урожайность стандартных сортов сои (2017–2021 гг.)

Урожайность ц/га	Сорт			Среднесортная урожайность	НСР ₀₅
	Лидия	Даурия	Алена		
2017 г.	24,7	24,7	30,0	26,5	2,9
2018 г.	22,5	22,7	25,0	23,4	1,6
2019 г.	24,6	26,6	28,1	26,4	1,5
2020 г.	22,6	25,2	27,7	25,2	1,4
2021 г.	22,6	23,8	27,2	24,5	1,5
$\bar{x} \pm S_x$	23,4 ± 0,5	24,6 ± 0,6	27,6 ± 0,8	25,2 ± 0,6	–
$V_o, \%$	4,4	5,3	5,8	4,6	–

$\bar{x}$ – средняя арифметическая; S_x – ошибка выборки; V_o – коэффициент вариации.

Table 1

Yield of standard soybean varieties (2017–2021)

Yield c/ha	Variety			Average varietal yield	LSD ₀₅
	Lidiya	Dauriya	Alena		
2017	24.7	24.7	30.0	26.5	2.9
2018	22.5	22.7	25.0	23.4	1.6
2019	24.6	26.6	28.1	26.4	1.5
2020	22.6	25.2	27.7	25.2	1.4
2021	22.6	23.8	27.2	24.5	1.5
$\bar{x} \pm S_x$	23.4 ± 0.5	24.6 ± 0.6	27.6 ± 0.8	25.2 ± 0.6	–
$V_o, \%$	4.4	5.3	5.8	4.6	–

$\bar{x}$ is the arithmetic mean; S_x is the sampling error; V_o is the coefficient of variation.

Таблица 2

Корреляционная зависимость урожайности стандартных сортов сои от метеорологических показателей периода вегетации 2017–2021 гг.

Метеорологические показатели	Фаза развития	Сорт		
		Лидия	Даурия	Алена
Сумма активных температур, °C	Посев – всходы	–0,38	–0,48	–0,87
	Всходы – цветение	+0,51	–0,10	+0,13
	Цветение – созревание	–0,53	–0,60	–0,68
Сумма осадков, мм	Посев – всходы	–0,37	+0,31	+0,09
	Всходы – цветение	–0,32	–0,26	–0,64
	Цветение – созревание	+0,08	+0,62	+0,25
ГТК	Посев – всходы	–0,34	+0,34	+0,16
	Всходы – цветение	–0,40	–0,25	–0,60
	Цветение – созревание	+0,13	+0,67	+0,29

Table 2

Correlation dependence of the yield of standard soybean varieties on meteorological indicators of the growing season 2017–2021

Meteorological indicators	Development phase	Variety		
		Lidiya	Dauriya	Alena
Effective heat sum, °C	Dropping – sprouting	–0.38	–0.48	–0.87
	Sprouting – flowering	+0.51	–0.10	+0.13
	Flowering – ripening	–0.53	–0.60	–0.68
Total precipitation, mm	Dropping – sprouting	–0.37	+0.31	+0.09
	Sprouting – flowering	–0.32	–0.26	–0.64
	Flowering – ripening	+0.08	+0.62	+0.25
HTF	Dropping – sprouting	–0.34	+0.34	+0.16
	Sprouting – flowering	–0.40	–0.25	–0.60
	Flowering – ripening	+0.13	+0.67	+0.29

В 2021 г. в течение всего периода вегетации сои температуры превышали среднесезонные показатели на 1,4–1,9 °С. Выпадение осадков было неравномерным – в мае и августе выпало на 57,1 мм и на 91,2 мм соответственно больше нормы, в июне и сентябре на 27,9 мм и на 30,1 мм меньше, июль практически соответствовал среднесезонному показателю. ГТК за период составил 1,9.

Проведенные исследования позволили установить, что метеорологические условия периодов вегетации 2017–2021 гг. в значительной степени определяли изменчивость показателей урожайности стандартных сортов сои (таблица 1). Наиболее благоприятные погодные условия для возделывания сои (по показателю ГТК за вегетационный период) сложились в 2017 г. В этот же год отмечена самая высокая среднесортная урожайность за годы исследований – 26,5 ц/га. Наиболее влажными являлись 2019 и 2020 гг. Однако погодные условия 2019 г. позволили получить среднесортную урожайность 26,4 ц/га, что объясняется постепенно нарастающим без засушливых периодов характером увлажнения почвы под посевами и достаточным количеством тепла за вегетацию – это положительно отразилось на благополучном прохождении всех фаз развития растениями сои. Самая низкая среднесортная урожайность отмечена в достаточно сложных метеорологических условиях 2018 г. – 23,4 ц/га сначала из-за засухи, а затем из-за сильных дождей, вследствие чего наблюдалось явление абортивности семян в бобах.

В большей мере на формирование урожайности сорта сои Лидия оказывает влияние сумма активных температур в периоды «всходы – цветение» и «цветение – созревание». Коэффициент парной корреляции r между показателями урожайности сои и суммой температур в эти периоды составлял 0,51 и –0,53 (таблица. 2).

Продуктивность сорта Даурия зависит основным образом от температур и влагообеспеченности в период цветение – созревание, когда происходит интенсивная закладка репродуктивных органов и налив бобов. В эти фазы отмечена средняя корреляционная зависимость продуктивности с суммой

активных температур ($r = -0,61$) и суммой осадков и ГТК ($r = 0,62; 0,67$) соответственно. Значительное влияние на урожайность сорта Алена оказывает сумма активных температур периода «посев – всходы» и «цветение – созревание» ($r = -0,87$ и $-0,68$) и сумма осадков и ГТК периода «всходы – цветение» ($r = -0,64$ и $-0,60$ соответственно). При этом следует отметить, что коэффициенты корреляции могут быть коллинеарными.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Наиболее благоприятными для роста и развития сои являются вегетационные периоды, когда высоким тепловым ресурсам соответствует умеренное или большое количество равномерно выпадающих осадков. При этом переувлажнение почвы на участках с понижением рельефа может негативно отразиться на величине урожая. Урожайность различных сортов сои в большей степени зависит от погодных условий основных фаз развития культуры. Анализ корреляционных взаимоотношений подтверждает, что урожайность всех изучаемых сортов имеет среднюю и сильную зависимость от температуры воздуха периодов посев – всходы, цветение – созревание. При этом для различных сортов наиболее важными по влагообеспеченности являются периоды «всходы – цветение» либо «цветение – созревание». На формирование урожайности сорта Лидия решающее значение оказывают суммы активных температур периодов «всходы – цветение» и «цветение – созревание», тогда как продуктивность среднеспелого сорта Даурия более зависит от погодных условий периода «цветение – созревание». На урожайность позднеспелого сорта Алена значительное влияние оказывает температурный режим периодов «посев – всходы» и «цветение – созревание», осадки и ГТК – периода «всходы – цветение». Данные показатели указывают на то, что изучаемые сорта сои значительно различаются по морфологии развития и отзывчивости на складывающиеся погодные условия. Низкий размах варьирования урожайности по годам позволяет сделать заключение, что сорта Лидия, Даурия и Алена хорошо адаптированы к условиям региона.

Библиографический список

1. Фадеева А. Н., Абросимова Т. Н. Урожайность и качество семян сортов сои различного эколого-географического происхождения // Земледелие. 2019. № 3. С. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310.
2. Шабалдас О. Г., Пимонов К. И., Фролов С. С. Устарханова Э. Г., Вайцеховская С. С. Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от агрометеорологических условий // Вестник АПК Ставрополья. 2020. № 4 (40). С. 74–80. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-40-74-80.
3. Tsekhmeistruk M., Pankova O., Kolomatska V. et al. Influence of weather and climatic conditions on soybean yield // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. No. 11 (4). Pp. 11–17. DOI: 10.15421/2021_193.
4. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // Environmental Processes. 2020. No. 7. Pp. 73–87.
5. Шукис Е. Р., Мухин В. Н., Шукис С. К. Характеристика сортов сои различных групп спелости и их реакция на гидротермические условия среды // Вестник АГАУ. 2018. № 1 (159). С. 23–29.

6. Dos Santos C. A. C., Neale C. M. U., Mekonnen M. M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // *Theoretical and Applied Climatology*. 2022. No. 147. Pp. 1379–1399.
7. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат. сб. Москва: Росстат, 2021. 100 с.
8. Агропромышленный портал России. Значение сорта в сельскохозяйственном производстве [Электронный ресурс]. URL: <http://agro-portal24.ru> (дата обращения: 11.02.2022).
9. De Oliveira Aparecido L. E., Torsoni G. B., da Silva Cabral de Moraes J. R. et al. Modeling the impact of agrometeorological variables on soybean yield in the Mato Grosso Do Sul: 2000–2019 // *Environment, Development and Sustainability*. 2021. No. Pp. 5151–5164.
10. Li C., Ma C., Cui Y. et al. UAV Hyperspectral Remote Sensing Estimation of Soybean Yield Based on Physiological and Ecological Parameter and Meteorological Factor in China // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2021. No. 48. Pp. 873–886.
11. Сихарулидзе Т. Д., Храмой В. К. Влияние температурного режима на продолжительность вегетационного периода и урожайность сои в условиях центрального Нечерноземья // *Известия ТСХА*. 2017. № 4. С. 32–39.
12. Иванова И. Ю., Фадеев А. А. Влияние погодных условий на урожайность сои в условиях Волго-Вятского региона // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. № 4 (36). С. 93–98.
13. Сиптиц С. О., Романенко И. А., Евдокимова Н. Е. Модельные оценки влияния климата на урожайность зерновых и зернобобовых культур в регионах России // *Проблемы прогнозирования*. 2021. № 2 (185). С. 75–86. DOI: 10.47711/0868-6351-185-75-86.
14. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. Москва, 2022. 104 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://climatechange.igce.ru/> (дата обращения: 12.02.2022).
15. Gong L., Liu D., Jiang L. et al. Distribution characteristics of climate potential productivity of soybean in frigid region and its response to climate change // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. No. 29. Pp. 7452–7464.
16. Гагаулина Г. Г. Заренкова Н. В., Никитина С. С. Сорта сои северного экотипа: как погода влияет на рост, развитие, формирование урожая и его вариабельность // *Кормопроизводство*. 2019. № 7. С. 34–40.
17. Фокина Е. М., Титов С. А. Новые сорта сои амурской селекции // *Вестник ДВО РАН*. 2021. №3 (217). С. 85–91. DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_14.
18. Каталог сортов сои / Е. М. Фокина, Г. Н. Беляева, М. О. Синеговский, В. Т. Синеговская, О. О. Клеткина; под общ. ред. академика РАН В. Т. Синеговской. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2021. 69 с.
19. 100 вопросов и ответов о возделывании сои (рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий) / Под общ. ред. М. О. Синеговского. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2021. 79 с.
20. Унгуряну Т. Н., Гржибовский А. М. Корреляционный анализ с использованием пакета статистических программ STATA // *Экология человека*. 2014. № 9. С. 60–64.

Об авторах:

Анна Петровна Галиченко¹, младший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сои, ORCID 0000-0002-4445-3779, AuthorID 1093963; +7 924 670-54-03, gap@vniisoi.ru

Евгения Михайловна Фокина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сои, ORCID 0000-0003-4554-8830, AuthorID 780273, +7 914 383-69-97, fem@vniisoi.ru

¹Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

Meteorological effects in formation of the yield of soybean varieties bred by ARSRI of soybean

A. P. Galichenko¹✉, E. M. Fokina¹

¹ Federal Research Center “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean”, Blagoveshchensk, Russia

✉E-mail: gap@vniisoi.ru

Abstract. The purpose is to study correlation dependence of soybean varieties yield on hydrothermal conditions of the southern zone of the Amur region. **Methods.** The subject of research are local recognized standard soybean

varieties – Lidiya, Dauriya, and Alena. The experimental part of the work was carried out in 2017–2021 on the experimental field of the Soybean Breeding and Genetics Laboratory of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean (FSBSI FRC ARSRIS). The varieties were studied in the nursery of competitive variety testing. Sowing was carried out in triplicate by the method of randomized repetitions (blocks) in the period from May 19 to May 21 using a SN-P-16 seeder. The plot area is 40.5 m². During the growing season, cultivation, manual weeding, phenological observations and visual assessments were carried out. The plots were harvested by continuous threshing with a Sampo 130 combine. The yield of varieties was determined in terms of standard moisture content (14 %). **Results.** In the course of the yield data analysis of varieties depending on weather conditions it was found that 2019 and 2020 were excessively wet (HTF – 2.6; 2.4), optimum conditions developed in 2017 (HTF – 1.7). The highest average varietal yield (26.5) over the years of research was noted in 2017, the lowest (23.4 c/ha) – in adverse meteorological conditions of 2018, due to drought period of the early plant growth and heavy storm rainfall afterwards. It was found in the course of research that formation of the Lidiya soybean variety yield is mainly influenced by the effective heat sum during periods of sprouting – flowering and flowering – ripening ($r = 0.51$ and -0.53). The productivity of the Dauriya variety is more dependent on the air temperature ($r = -0.61$) and total precipitation, and HTF of flowering – ripening periods ($r = 0.62$; 0.67). The Alena soybean variety showed a fairly close correlation dependence of the productivity on the effective heat sum of the periods of dropping – sprouting and flowering – ripening ($r = -0.87$ and -0.68), and the amount of precipitation and HTF of the period sprouting – flowering ($r = -0.64$ and -0.60 respectively). **Scientific novelty.** Special aspects of meteorological effects on the yield of soybean varieties of various ripeness groups have been established; the correlation between them have been determined. It has been found that all studied varieties are highly adapted to changing weather and climatic conditions of the Amur Region. **Keywords:** soybean, variety, meteorological effects, effective heat sum, total precipitation, hydrothermic factor, yield, correlation.

For citation: Galichenko A. P., Fokina E. M. Vliyaniye meteorologicheskikh usloviy na formirovaniye urozhaynosti sortov soi selektsii VNII soi [Meteorological effects in formation of the yield of soybean varieties bred by ARSRI of soybean] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25. (In Russian.)

Date of paper submission: 15.04.2022, **date of review:** 27.04.2022, **date of acceptance:** 13.05.2022.

References

1. Fadeeva A. N., Abrosimova T. N. Urozhaynost' i kachestvo semyan sortov soi razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya [Yield and seed quality of soybean varieties of different ecological and geographical origin] // Zemledelie. 2019. No. 3. Pp. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310. (In Russian.)
2. Shabalda O. G., Pimonov K. I., Frolov S. S., Ustarkhanova E. G., Vaytsekhovskaya S. S. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdeystviya soi v zavisimosti ot agrometeorologicheskikh usloviy [Economic efficiency of soybean cultivation depending on agrometeorological conditions] // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2020. No. 4 (40). Pp. 74–80. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-40-74-80. (In Russian.)
3. Tsekhmeistruk M., Pankova O., Kolomatska V. et al. Influence of weather and climatic conditions on soybean yield // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. No. 11 (4). Pp. 11–17. DOI: 10.15421/2021_193.
4. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // Environmental Processes. 2020. No. 7. Pp. 73–87.
5. Shukis E. R., Mukhin V. N., Shukis S. K. Kharakteristika sortov soi razlichnykh grupp spelosti i ikh reaktsiya na gidrotermicheskiye usloviya sredy [Characteristics of soybean varieties of different maturity groups and their response to hydrothermal environmental conditions] // Vestnik AGAU. 2018. No. 1 (159). Pp. 23–29. (In Russian.)
6. Dos Santos C. A. C., Neale C. M. U., Mekonnen M. M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // Theoretical and Applied Climatology. 2022. No. 147. Pp. 1379–1399.
7. Sel'skoye khozyaystvo v Rossii. 2021: statisticheskiy sbornik [Agriculture in Russia. 2021: statistical collection]. Moscow: Rosstat, 2021. 100 p. (In Russian.)
8. Agropromyshlennyy portal Rossii. Znachenkiye sorta v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Agro-industrial portal of Russia. Importance of variety in agricultural production] [e-resource]. URL: <http://agro-portal24.ru> (date of reference: 11.02.2022). (In Russian.)
9. De Oliveira Aparecido L. E., Torsoni G. B., da Silva Cabral de Moraes J. R. et al. Modeling the impact of agrometeorological variables on soybean yield in the Mato Grosso Do Sul: 2000–2019 // Environment, Development and Sustainability. 2021. No. 23. Pp. 5151–5164.

10. Li C., Ma C., Cui Y. et al. UAV Hyperspectral Remote Sensing Estimation of Soybean Yield Based on Physiological and Ecological Parameter and Meteorological Factor in China // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 2021. No. 49. Pp. 873–886.
11. Sikharulidze T. D., Khramov V. K. Vliyaniye temperaturnogo rezhima na prodolzhitel'nost' vegetatsionnogo perioda i urozhaynost' soi v usloviyakh tsentral'nogo Nechernozem'ya [Influence of temperature regime on the duration of the growing season and soybean yield in the conditions of the Central Non-Chernozem Region] // Izvestiya TSKHA. 2017. No. 4. Pp. 32–39. (In Russian.)
12. Ivanova I. Yu., Fadeev A. A. Vliyaniye pogodnykh usloviy na urozhaynost' soi v usloviyakh Volgo-Vyatskogo regiona [Influence of weather conditions on soybean productivity in the conditions of the Volga-Vyatka region] // Legumes and Groat Crops. 2020. No. 4. (36). Pp. 93–98. (In Russian.)
13. Siptits S. O., Romanenko I. A., Yevdokimova N. Ye. Model'nyye otsenki vliyaniya klimata na urozhaynost' zernovykh i zernobobovykh kul'tur v regionakh Rossii [Model estimates of the impact of climate on the productivity of grain and leguminous crops in the regions of Russia] // Problemy prognozirovaniya. 2021. No. 2 (185). Pp. 75–86. DOI: 10.47711/0868-6351-185-75-86. (In Russian.)
14. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2021 god [Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2021] [e-resource]. URL: <http://climatechange.igce.ru/> (date of reference: 12.02.2022). (In Russian.)
15. Gong L., Liu D., Jiang L. et al. Distribution characteristics of climate potential productivity of soybean in frigid region and its response to climate change // Environmental Science and Pollution Research. 2022. No. 29. Pp. 7452–7464.
16. Gataulina G. G. Zarenkova N. V., Nikitina S. S. Sorta soi severnogo ekotipa: kak pogoda vliyayet na rost, razvitiye, formirovaniye urozhaya i yego variabel'nost' [Soybean varieties of the northern ecotype: how the weather affects growth, development, yield formation and its variability] // Kormoproizvodstvo. 2019. No. 7. Pp. 34–40. (In Russian.)
17. Fokina E. M., Titov S. A. Novyye sorta soi amurskoy selektsii [New varieties of soybeans of the Amur breeding] // Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences. 2021. No. 3 (217). Pp. 85–91. DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_14. (In Russian.)
18. Katalog sortov soi [Catalog of soybean varieties] / E. M. Fokina, G. N. Belyaeva, M. O. Sinegovskiy, V. T. Sinegovskaya, O. O. Kletkina; under the general editorship of academician of RAS V. T. Sinegovskaya. Blagoveshchensk: OOO "IPK "ODEON", 2021. 69 p. (In Russian.)
19. 100 voprosov i otvetov o vozdeleyvanii soi (rekomentatsii dlya rukovoditeley i spetsialistov sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy) [100 questions and answers about soybean cultivation (recommendations for managers and specialists of agricultural enterprises)] // Under the general editorship of M. O. Sinegovskiy. Blagoveshchensk: OOO "IPK "ODEON", 2021. 79 p. (In Russian.)
20. Unguryanu T. N., Grzhibovskiy A. M. Korrelyatsionnyy analiz s ispol'zovaniyem paketa statisticheskikh programm STATA [Correlation analysis using the STATA statistical software package] // Human Ecology. 2014. No. 9. Pp. 60–64. (In Russian.)

Authors' information:

Anna P. Galichenko¹, junior researcher of the laboratory of soybean breeding and genetics, ORCID 0000-0002-4445-3779, AuthorID 1093963; +7 924 670-54-03, gap@vniisoi.ru

Evgeniya M. Fokina¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of soybean breeding and genetics, ORCID 0000-0003-4554-8830, AuthorID 780273; +7 914 383-69-97, fem@vniisoi.ru

¹Federal Research Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", Blagoveshchensk, Russia

Фотосинтетическая деятельность картофеля в зависимости от способов применения стимулятора роста в предгорной зоне РСО-Алания

Л. П. Икоева¹, О. Э. Хаева²✉

¹Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального центра

«Владикавказский научный центр Российской академии наук», Михайловское, Россия

²Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова, Владикавказ, Россия

✉E-mail: oksana_haeva@mail.ru

Аннотация. Цель работы заключалась в изучении влияния стимулятора роста «Эпин-Экстра» на фотосинтетическую деятельность посевов картофеля сорта Невский по результатам полевых опытов. **Методы.** Исследования в течение 2019–2021 гг. по поставленным задачам проводились в условиях предгорной зоны РСО-Алания на опытном участке СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН по общепринятым методикам. Почва опытного участка представлена среднесуглинистым выщелоченным черноземом, подстилаемым галечником. **Результаты.** Результаты исследования свидетельствуют о положительном влиянии использования стимулятора роста «Эпин-Экстра» при возделывании картофеля сорта Невский в предгорной зоне РСО-Алания. Препарат «Эпин-Экстра» способствует увеличению биометрических показателей картофеля: высоты растений на 1,4–3,3 см, количества основных стеблей на 0,3–0,7 шт/куст по сравнению с контролем. Установлено, что стимулятор роста «Эпин-Экстра» усиливает процесс формирования площади листьев и сохраняет их во время вегетации. На всех опытных вариантах площадь листьев выше контрольного варианта на 8,01; 4,54; 10,7 % соответственно. Наибольшая листовая поверхность отмечена при комплексном использовании стимулятора роста по сравнению с другими опытными вариантами, увеличение составило 8,2 и 6,0 %. Фотосинтетический потенциал на опытных вариантах в среднем варьировал от 1,32 до 1,45 млн м²/га дней, что на 0,11; 0,19; 0,24 млн м²/га дней больше контрольного варианта. Биопрепарат «Эпин-Экстра» на растения картофеля сорта Невский оказывает полифункциональное действие. **Научная новизна.** Впервые в предгорной зоне РСО-Алания было изучено действие стимулятора роста «Эпин-Экстра» на посадках картофеля сорта Невский. **Практическая значимость.** Проведенные исследования позволяют рекомендовать в предгорной зоне применение эффективного стимулятора роста «Эпин-Экстра» при предпосадочной обработке картофеля в дозе 10 мл/т и при опрыскивании листьев растений в дозе 60 мл/га в фазе бутонизации в качестве экологически безопасного и малозатратного агроприема, обеспечивающего повышение урожайности, качество клубней картофеля и устойчивость к фитофторозу.

Ключевые слова: Эпин-Экстра, стимулятор роста, картофель, сорт Невский, биометрические показатели картофеля, фотосинтетическая деятельность, чистая продуктивность фотосинтеза.

Для цитирования: Икоева Л. П., Хаева О. Э. Фотосинтетическая деятельность картофеля в зависимости от способов применения стимулятора роста в предгорной зоне РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-26-35.

Дата поступления статьи: 14.03.2022, **дата рецензирования:** 31.03.2022, **дата принятия:** 11.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства является повышение урожайности и качества полученной продукции картофеля с целью насыщения рынка [2, с. 21; 3, с. 45; 8, с. 640; 11, с. 12; 13, с. 28].

Стимуляторы роста растений используются для получения максимальной урожайности культуры и качественных показателей продукции, особенно в экологических условиях, неблагоприятных для роста и развития растений. Роль стимуляторов роста заключается в контроле и ускорении жизненных

процессов растений, повышении стрессоустойчивости и стимуляции их развития (корней и листьев) [1, с. 14; 2, с. 21; 17, с. 277; 19; 20]. Биостимуляторы способствуют лучшей всхожести семян и индуцируют биологическую активность растений. Большинство из этих эффектов можно объяснить их ауксин-подобным эффектом, а также улучшением усвоения азота и метаболизма, регуляцией соотношения K/Na и накоплением пролина, который служит осмолпротектором против солевого стресса [17, с. 277; 19; 20]. Необходимо отметить, что стимуляторы роста безопасны для окружающей среды, что важно с экологической точки зрения [17, с. 277; 19; 20].

Изучение эффективности стимуляторов роста на растения картофеля проводилось рядом исследователей в различных почвенно-климатических условиях на разных сортах [1, с. 14; 2, с. 21; 3, с. 45; 5, с. 103; 7, с. 362; 8, с. 640; 10, с. 55; 13, с. 28; 15, с. 30; 16, с. 117; 17, с. 77].

Применение стимуляторов роста растений можно рассматривать как эффективный агроприем для сельскохозяйственных культур, который позволяет снизить отрицательное влияние внешней среды, повысить всхожесть и устойчивость хлорофилла в листьях, ускорить темпы нарастания вегетативной массы, улучшить устойчивость к стрессовым факторам, смягчить экологические проблемы, связанные с чрезмерным внесением минеральных удобрений [1, с. 14; 2, с. 21; 3, с. 45; 5, с. 103; 7, с. 362; 8, с. 640; 10, с. 55; 13, с. 28; 14, с. 77; 15, с. 30; 16, с. 117; 17, с. 77].

Более того, стимуляторы роста растений могут также оказывать положительное влияние на биологию почвы и могут быть признаны хорошей стратегией восстановления полусухих районов и деградировавших экосистем [7, с. 362; 10, с. 55; 14, с. 18; 15, с. 30; 16, с. 117].

Поэтому подобные исследовательские работы (особенно прикладного характера) всегда актуальны, перспективны и отвечают современным запросам как практиков в сфере товарного производства продукции растениеводства, так и производителей химической продукции.

Цель исследования – изучить влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на фотосинтетическую деятельность посевов картофеля сорта Невский для получения урожая с высокими качественными показателями в условиях возделывания в предгорной зоне РСО-Алания.

Задачи исследования:

- 1) изучить влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на рост и развитие растений картофеля сорта Невский;
- 2) определить действие стимулятора роста «Эпин-Экстра» на накопление сухого вещества, фотосинтетическую деятельность растений картофеля сорта Невский.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования в течение 2019–2021 гг. проводились в условиях предгорной зоны РСО-Алания на опытном участке СКНИИГПСХ ВЦ РАН на травопольном севообороте.

Почва опытного участка представляет собой среднемошный тяжелосуглинистый выщелоченный чернозем, подстилаемый галечником, с содержанием гумуса в пахотном слое 6,3 %. Верхний слой имеет слабокислую реакцию (рН водной вытяжки – 5,48 %). Выщелоченные черноземы отличаются большим содержанием валовых форм азота – 0,24–0,45 %, фосфора – 0,20–0,30 %, калия – 1,6–2,3 %, легкогидролизующего азота по Тюрину – Кононовой – 4–10 мг / 100 г почвы, подвижного фосфора по Чирикову – 5–14 мг/100 г почвы, обменного калия по Чирикову – 15–16 мг/100 г почвы.

Метеорологические условия в 2019–2020 гг. для роста и развития растений картофеля были неблагоприятными. Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период составил 0,9–1,0. Температура воздуха в отдельные дни июня, июля и августа достигала + 45 °С, а температура почвы на глубине 0,05–0,15 м – до +30,1...32,4 °С. Погодные условия 2021 г. по температуре и влажности были достаточно благоприятными для возделывания картофеля. ГТК составило 1,21.

Схема опыта предусматривала следующие варианты:

- вариант I – контроль (без применения стимулятора роста «Эпин-Экстра»);
- вариант II – предпосадочная обработка клубней стимулятором роста «Эпин-Экстра» (20 мл/т);
- вариант III – обработка посевов опрыскиванием в фазу бутонизации стимулятором роста «Эпин-Экстра» (120 мл/га);
- вариант IV – предпосадочная обработка клубней стимулятором роста «Эпин-Экстра» (10 мл/т) и обработка посевов опрыскиванием в фазу бутонизации стимулятором роста «Эпин-Экстра» (60 мл/га).

Деляночные опыты заложены методом рендомизированных повторений. Учетная площадь делянки – 13,9 м². Повторность трехкратная.

Предшественник картофеля в научном севообороте – озимая пшеница.

Предмет исследований – картофель, сорт Невский, созданный в НИИ сельского хозяйства Северо-Западных областей в 1976 г. на основе селекции двух сортов: Кандидат и Веселовский. Данный сорт характеризуется уникальной способностью к выживанию в разных климатических условиях: легко переносит высокие температуры и дождливые периоды. Сорт Невский с отличными вкусовыми качествами. Форма клубней продолговато-овальная с нежной тонкой гладкой кожицей. Мякоть кремового цвета. Глазки заметные, розового цвета, показатель лежкости – 95 %. Урожайность высокая (27–38 т/га).

Содержание сухого вещества – 20–24 %, крахмала – 10–13 %. Имеет хороший иммунитет к таким заболеваниям: рак картофеля, фитофтороз, фузариоз, черная ножка, парша обыкновенная.

Объект исследования – стимулятор роста «Эпин-Экстра» с адаптогенными свойствами. Действующее вещество препарата – эпибрасинолид (концентрация – 0,025 г/л), который представляет собой искусственно синтезированный аналог фитогормона, обеспечивающего высокий уровень иммунитета растений. Он изменяет мембранный потенциал, экспрессию генов, баланс цитокининов, активируют рост клеток, листовой поверхности, стебля, фотосинтез, функционирование фотосинтетического аппарата растений, синтез белков, повышает устойчивость растений [5, с. 103]. Предназначен как для предпосадочной обработки клубней картофеля, так и для листовой подкормки в период бутонизации. Применение регулятора роста повышает урожайность на 15–20 % и улучшает качество клубней картофеля и их товарность. Повышает устойчивость к фитофторозу.

В опытах применялась агротехника, рекомендованная для предгорной зоны РСО-Алания возделывания картофеля [8, с. 640; 9, с. 9]. Посадка клубней картофеля осуществлялась во второй декаде апреля: ширина междурядий – 70 см, густота посадки – 57 тыс./га, глубина заделки клубней – 6–8 см, длина между кустами – 25 см. Уход за посадками картофеля включал две междурядные обработки, окучивание, при необходимости – обработку против колорадского жука и фитофторозы. Обработка клубней картофеля и растений стимулятором роста проводилась ранцевым опрыскивателем согласно

схеме опыта. Уборка урожая картофеля осуществляли методом сплошного выкапывания клубней на делянках во второй декаде сентября.

Фенологические наблюдения, определение площади листьев весовым методом с помощью высевок, продуктивности фотосинтеза, развитие фитофтороза на ботве, содержание сухого вещества проводили в течение вегетационного периода [6, с. 5; 10, с. 55; 12, с. 7].

Основные показатели, характеризующие фотосинтез растений в посевах, это размер ассимиляционного аппарата и время его активного функционирования. Для определения площади ассимилирующей поверхности листьев применяли метод высевок, который позволяет получать более точные результаты определения площади листьев [6, с. 5].

Полезность учетов площади листьев может быть большей, если их можно сочетать с ходом нарастания сухой массы биологических и хозяйственных урожаев. Формула, предложенная Киддом, Вестом и Бригтсом, применяется для расчета чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) [10, с. 55].

Фотосинтетический потенциал (ФП) тесно связан как с площадью листовой поверхности, так и с продолжительностью тех или иных фенологических фаз и определяется по формуле (1):

$$\text{ФП} = \frac{L_1 + L_2}{2} T, \quad (1)$$

где $(L_1 + L_2)/2$ – средняя площадь листьев за учетный период, $\text{м}^2/\text{м}^2 \cdot \text{дн}$ [10, с. 55].

Экспериментальные данные обрабатывались статистически по общепринятым методикам с использованием компьютерных программ Snedekor, Microsoft Excel [6, с. 5].

Таблица 1
Влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на сроки развития картофеля сорта Невский (в среднем за три года)

Вариант	Количество дней от посадки до				
	появления всходов	полной бутонизации	полного цветения	удаления ботвы	уборки
I	23 ± 3	44 ± 2	48 ± 3	76 ± 1	98 ± 3
II	25 ± 4	40 ± 2	45 ± 2	76 ± 2	98 ± 5
III	24 ± 3	42 ± 3	46 ± 3	76 ± 4	98 ± 3
IV	26 ± 3	39 ± 4	44 ± 4	76 ± 1	98 ± 2

Table 1
Influence of the growth stimulator "Epin-Extra" on the deadlines for the development of the Nevskiy variety of potato (on average for three years)

Varint	Quantity of days from landing up to				
	occurrences of shoots	full bootonization	full flowering	removaling of the boot	cleaning
I	23 ± 3	44 ± 2	48 ± 3	76 ± 1	98 ± 3
II	25 ± 4	40 ± 2	45 ± 2	76 ± 2	98 ± 5
III	24 ± 3	42 ± 3	46 ± 3	76 ± 4	98 ± 3
IV	26 ± 3	39 ± 4	44 ± 4	76 ± 1	98 ± 2

Таблица 2

Масса ботвы картофеля сорта Невский, г/куст (в среднем за три года)

Вариант	Масса ботвы	± к контролю	%
I	460	–	–
II	500	+40	8,70
III	469	+9	1,96
IV	551	+91	19,78

Table 2

Mass of potato tops of the Nevskiy variety, g/bush (average for three years)

Variant	Mass of bots	± to control	%
I	460	–	–
II	500	+40	8.70
III	469	+9	1.96
IV	551	+91	19.78

Результаты (Results)

При проведении фенологических учетов было установлено, что при одинаковых агроклиматических условиях стимулятор роста «Эпин-Экстра» способствовал разному развитию растений и наступлению фаз вегетации (таблица 1). Всходы растений появлялись на всех вариантах опыта почти одновременно. Последующие фазы наступали по-разному и отличались на вариантах.

Анализ таблицы 1 показывает, что при одинаковых почвенных и погодных условиях стимулятор роста «Эпин-Экстра» не способствует раннему появлению всходов. Так, в варианте с предпосадочной обработкой семенного материала клубней всходы появлялись на 2 дня позже; в варианте III при опрыскивании листьев в фазу бутонизации – на 1 день; а варианте IV при комплексном применении – на 3 дня по сравнению с контрольным вариантом. Однако наступление других вегетационных фаз развития растения по всем вариантам исследования происходило с опережением на 5–6 дней по сравнению с контролем.

Возможно, это связано с тем, что при предпосадочной обработке клубней раствором стимулятора роста происходит снятие апикального доминирования, сопровождающееся изменением движения внутренних гормонов между верхними и нижними глазками на клубнях, а также между противоположными почками в глазках, в результате чего происходит задержка появления полных всходов. В дальнейшем этот процесс задержки компенсируется более интенсивным ростом растений и приводит к более быстрому наступлению других фаз развития [18, с. 277].

От интенсивного роста и развития объема ботвы зависят не только формирование листовой поверхности посадок картофеля на гектар, масса клубня, но и конечный урожай.

Установлено, что в ходе наблюдений за формированием наземных органов растения картофеля

под воздействием изучаемого фактора (стимулятора роста «Эпин-Экстра») увеличение массы ботвы происходило по вариантам опыта неодинаково.

Как видно из таблицы 2, интенсивное накопление массы ботвы происходило на всех вариантах опыта по сравнению с контролем, но лучшее достоверное накопление массы ботвы наблюдалось на II и IV опытных вариантах. Так, на II и IV вариантах опыта увеличение массы ботвы составило 40 и 91 г/куст, или 8,70 и 19,78 % по сравнению с контрольным вариантом; III опытный вариант занимал промежуточное положение.

По результатам математической обработки полученных данных видно, что уровень продуктивности картофеля зависит от количества и массы клубней в кусте, коэффициент корреляции был равен +0,70, что указывает на сочетание высокой продуктивности сорта с многоклубневостью.

За время исследований в среднем под кустом формировалось 8,5–10,9 шт. клубней. Количество клубней было наибольшим при предпосевной обработке семенного материала регулятором роста (9,2–10,2 шт/куст) и при комплексной обработке (9,7–10,9 шт/куст), или соответственно на 10,2 и 17,0 % больше контроля.

Средняя масса одного клубня – 59,8–64,7 г для опытного варианта IV, что на 3,8–6,4 г больше показателя контрольного варианта. Масса клубней под кустом IV варианта составила в среднем 637,5 г, что существенно больше (на 19,7 %) аналогичного показателя контрольного варианта (532,5 г), , на II варианте – на 15,3 % и на III варианте – на 17,4 %.

Предпосадочная обработка клубней картофеля и комплексное применение повлияли и на формирование стеблей и их высоту (таблица 3).

Анализ таблицы 3 показывает, что в опытных вариантах наблюдались лучшие биометрические показатели. Однако существенное увеличение числа стеблей на куст (+ 0,7 шт/куст), длины стеблей (+ 3,3 см) и густоты стояния перед уборкой

(+ 2,6 тыс. шт/га) отмечено при комплексном применении регулятора роста «Эпин-Экстра» по сравнению с контрольным вариантом. Это можно объяснить благоприятным воздействием эпин-нолида – вещества, входящего в состав регулятора роста, который активизирует ростовые процессы на клеточном уровне и усиливает ферментативные реакции.

Таким образом, как показывают результаты наших исследований, стимулятор роста «Эпин-Экстра», обладая высокой биологической активностью, способствует более полной реализации генетического потенциала картофеля сорта Невский, что проявляется в усиленном росте и развитии растений, а в дальнейшем способствует повышению урожайности и качества картофеля на 10–15 %.

Огромное влияние на формирование высоких и качественных урожаев оказывают физиологические процессы, протекающие в растениях, то есть 90–98 % урожая клубней картофеля создается за счет фотосинтетической работы [4, с. 4; 10, с. 55].

Фотосинтез, интенсивность которого зависит от очень сложных внутренних и внешних условий, относится к базовым физиологическим процессам в растениях. Основным органом фотосинтеза является лист. 80–90 % всей поглощаемой посевом растений солнечной радиации и 60–90 % органического вещества, создаваемого в процессе фотосинтеза, приходится на долю листовых пластинок. Энергия, поглощенная таким образом, может быть использована для преобразования углекислого газа и воды в глюкозу или теряется в виде флуоресцентного излучения. [4, с. 4; 12, с. 7].

Как видно из таблицы 4, использование регулятора роста усиливает процесс формирования площади листьев и сохраняет их во время вегетации.

На всех опытных вариантах площадь листьев выше контрольного варианта на 8,01; 4,54; 10,7 % соответственно. Наибольшая листовая поверхность отмечена при комплексном использовании регулятора роста по сравнению с другими опытными вариантами. Увеличение составило 8,2 и 6,0 %.

Однако необходимо отметить, что высокая активность листьев не гарантирует формирование высокого урожая. Важнейшим фактором продукционного процесса является фотосинтетический потенциал растений. По определению А. А. Ничипоревича, «формирование фотосинтетического потенциала представляет собой сумму ежесуточных приростов площадей листьев на гектаре за весь период вегетации» [12, с. 7].

Фотосинтетический потенциал посевов (ФПП) является обобщающим показателем, который характеризует эффективность комплекса агротехнологических приемов. В среднем фотосинтетический потенциал на опытных вариантах посадок картофеля варьировал от 1,32 до 1,45 млн м²/га дней, что на 0,11; 0,19; 0,24 млн м²/га дней больше контрольного варианта.

Резкое увеличение ФПП не является показателем хорошей урожайности. Ответ на этот вопрос дает чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), характеризующая процесс фотосинтеза растений.

В зависимости от варианта опыта показатель чистой продуктивности фотосинтеза (таблица 4) варьировал от 7,7 до 8,0 г/м² сутки. Максимальный показатель ЧПФ отмечен на IV варианте опыта – 8,0 г/м² сутки.

Накопление сухого вещества в листьях и клубнях картофеля является показателем эффективности фотосинтетической деятельности растений в агроценозе и формирования урожайности. Выход сухого вещества с применением регулятора роста выше, чем на контрольном варианте.

Таблица 3

Биометрические показатели растений картофеля сорта Невский (в среднем за три года)

Вариант	Количество стеблей, шт./куст		Высота стеблей, см		Густота стеблей, тыс. шт./га	
	Среднее	± к контролю	Средняя	± к контролю	Средняя	± к контролю
I	4,1	–	43,1	–	54,3	–
II	4,4	+0,3	44,5	+1,4	56,2	+1,9
III	4,3	+0,2	44,2	+1,1	54,6	+0,3
IV	4,8	+0,7	46,4	+3,3	56,9	+2,6
HCP ₀₅	0,34		2,6		2,3	

Table 3

Biometric indicators of the potato plants of the Nevskiy variety (average for three years)

Variant	Number of stems, pieces/bush		Plant height, cm		Density of stems, thous. of pieces/ha	
	Average	± to control	Average	± to control	Average	± to control
I	4.1	–	43.1	–	54.3	–
II	4.4	+0.3	44.5	+1.4	56.2	+1.9
III	4.3	+0.2	44.2	+1.1	54.6	+0.3
IV	4.8	+0.7	46.4	+3.3	56.9	+2.6
LSD ₀₅	0.34		2.6		2.3	

Таблица 4

Влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на показатели фотосинтетической деятельности посевов картофеля сорта Невский (в среднем за три года)

Вариант	Ассимиляционная поверхность листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал (ФП), млн м ² /га дней	Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), г/м ² сутки	Выход сухого вещества, т/га
I	33,7	1,21	7,2	8,64
II	36,4	1,40	7,7	10,8
III	35,2	1,32	7,6	10,0
IV	37,3	1,45	8,0	11,6
HCP ₀₅	2,7	0,18	0,9	1,4

Agrotechnologies

Table 4

Influence of the growth stimulant "Epin-Extra" on the photosynthetic activity of potato crops of the Nevskiy variety (on average for three years)

Variant	Assimilation surface of leaves, thous.m ² /ha	Photosynthetic potential, mln m ² /ha days	Pure photosynthetic productivity, g/m ² ·day	Dry mass yield, t/ha
I	33.7	1.21	7.2	8.64
II	36.4	1.40	7.7	10.8
III	35.2	1.32	7.6	10.0
IV	37.3	1.45	8.0	11.6
LSD ₀₅	2.7	0.18	0.9	1.4

Так, на контроле урожай общей сухой биомассы составил 8,64 т/га, на в опытных вариантах – от 10,8 до 11,6 т/га, что на 25,0; 15,7; 34,3 % выше контрольного варианта.

При сравнении между собой опытных вариантов предпосевная обработка клубней картофеля и комплексная обработка (клубней и опрыскивание растений картофеля) показали лучшие результаты.

При фитопатологической оценке ботвы картофеля из грибных болезней был отмечен фитофтороз. Наименьшая распространенность болезни и развитие на листьях наблюдалось на вариантах II и IV, т. е. при предпосевной обработке клубней картофеля (32,6 %) и при комплексной обработке клубней и растений (26 %). При опрыскивании (III вариант) во время бутонизации распространенность и развитие болезни было выше и составило 49,9% по сравнению с контролем.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Стимулятор роста «Эпин-Экстра» повышал биометрические показатели и ассимиляционную поверхность листьев растений на всех опытных ва-

риантах в условиях предгорной зоны РСО-Алания. Установлено, что наибольшее количество основных стеблей (4,8 шт/куст), наибольшую высоту растений (46,4 см), густоту стеблей (56,9 тыс. шт/га), ассимиляционную поверхность листьев (37,3 тыс. м²/га) формировали растения при предпосадочной обработке клубней стимулятором роста «Эпин-Экстра» (10 мл/т) и обработке посевов в фазу бутонизации стимулятором роста «Эпин-Экстра» (60 мл/га). Максимальный показатель чистой продуктивности фотосинтеза также отмечен на варианте при комплексной обработке растений картофеля 8,0 г/м² сутки. Выход сухого вещества с применением регулятора роста выше, чем на контрольном варианте.

Таким образом, применение стимулятора роста «Эпин-Экстра» при предпосадочной обработке клубней и обработке посевов в фазу бутонизации на посадках картофеля сорта Невский является перспективным агротехническим приемом в условиях предгорной зоны РСО-Алания, позволяющим повысить чистую продуктивность фотосинтеза и устойчивость к фитофторозу.

Библиографический список

1. Булдаков С. А., Плеханова Л. П. Эффективность действия химических препаратов против болезней растений и клубней картофеля // Научное обеспечение, особенности и перспективы развития сельского хозяйства Дальневосточного региона: сборник научных трудов по материалам региональной научно-практической конференции. Южно-Сахалинск, 2017. С. 14–22.
2. Бутов А. В., Адоньев С. О. Регуляторы роста на картофеле // Картофель и овощи. 2015. № 5. С. 21–22.
3. Васильева С. В., Зейрук В. Н., Деревягина М. К., Белов Г. Л., Барков В. А. Эффективность применения регуляторов роста растений на картофеле // Агрохимия. 2019. № 7. С. 45–51. DOI: 10.1134/S0002188119070135.
4. Вечер А. С., Гончарик М. Н. Физиология и биохимия картофеля. Минск, 1973. 264 с.
5. Головацкая И. Ф., Бендер О. Г., Ефимова М. В., Бойко Е. В., Малофий М. К., Мурган О. К., Плюсин И. Н. Роль экзогенных стероидных фитогормонов в регуляции функционирования фотосинтетического ап-

- парата // Актуальные проблемы картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск, 2018. С. 103–107.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Жевора С. В. Применение регуляторов роста и орошения на картофеле в регионах с неустойчивым увлажнением // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373.
8. Икоева Л. П., Хаева О. Э. Действие микроудобрения «Агро Мастер» на урожайность и качество клубней картофеля // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 5 (105). С. 640–648.
9. Икоева Л. П., Хаева О. Э., Бацазова Т. М., Шалыгина А. А. Влияние микроудобрения «Агро Мастер» на фотометрические показатели разных сортов картофеля // Известия Горского ГАУ. 2020. Т. 57. № 2. С. 9–14.
10. Икоева Л. П., Хаева О. Э. Влияние регулятора роста «Реоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Ком-би» на фотосинтетическую деятельность картофеля в лесостепной зоне РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2021. № 07 (210). С. 55–65.
11. Коршунов А. В., Симаков Е. А., Лысенко Ю. Н., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Гаитов М. Ю. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 12–20.
12. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений // Физиология фотосинтеза. Москва: Наука, 1982. С. 7–33.
13. Плеханова Л. П., Булдаков С. А. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность [Электронный ресурс] // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 9 (87). Часть 2. С. 28–33. URL: <https://research-journal.org/agriculture/effektivnost-dejstviya-biopreparatov-i-fungicidov-protiv-boleznej-rastenij-klubnej-kartofelya-i-ix-vliyanie-na-urozhajnost> (дата обращения: 09.02.2022). DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031.
14. Сабирова Т. П., Сабиров Р. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 18–22.
15. Степанов А. И., Федоров А. Я., Николаева Ф. В., Борисова Д. В. Влияние органических удобрений и биопрепарата флавобактерин на урожайность картофеля и плодородие почв // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. № 48 (6) С. 30–36. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-4.
16. Танаков Н. Т., Сакибаев К. Ш., Исраилова Г. С., Жантураева Б. Т. Фотосинтетическая деятельность раннего картофеля в зависимости от фона питания и способов применения стимулятора роста в условиях юга Кыргызстана [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ. 2019. № 152 (08). С. 117–128. URL: <http://ej.kubagro.ru/2019/08/pdf/13.pdf> (дата обращения: 09.02.2022). DOI: 10.21515/1990-4665-152-013.
17. Уромова И. П., Козлов А. В. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество картофеля [Электронный ресурс] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 5. С. 77–81. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13073> (дата обращения: 09.02.2022).
18. De Pascale S., Rouphael Y., Colla G. Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming // European Journal of Horticultural Science. 2018. Vol. 82. Pp. 277–285. DOI: 10.17660/eJHS.2017/82.6.2.
19. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of Vegetables [e-resource] // Biomolecules. 2021. Vol. 11 (5) Article number 698. URL: <https://www.mdpi.com/2218-273X/11/5/698> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.3390/biom11050698.
20. Szparaga A., Kuboń M., Kocira S., Czerwińska E., Pawłowska A., Hara P., Kobus Z., Kwaśniewski D. Towards Sustainable Agriculture – Agronomic and Economic Effects of Biostimulant Use in Common Bean Cultivation [e-resource] // Sustainability. 2019. No. 11. Article number 4575. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/17/4575> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.3390/su11174575.

Об авторах:

Лариса Петровна Икоева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела рационального использования горных кормовых угодий, ORCID 0000-0003-1737-3180, AuthorID 508900; +7 960 404-77-66, ikoeval@bk.ru

Оксана Эльбрусовна Хаева², кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии, ORCID 0000-0003-2338-0627, AuthorID 178532; +7 928 484-85-11, oksana_haeva@mail.ru

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

²Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова, Владикавказ, Россия

Photosynthetic activity of potatoes depending on the methods of using a growth stimulator in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania

L. P. Ikoeva¹, O. E. Khaeva²✉

¹North Caucasus Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Mikhaylovskoe, Russia

²North Ossetian State University named after Kosta Levonovich Khetagurov, Vladikavkaz, Russia

✉E-mail: oksana_haeva@mail.ru

Abstract. The purpose of the work is to study the effect of the growth stimulant “Epin-Extra” on the photosynthetic activity of potato crops of the Nevskiy variety according to the results of field experiments. **Methods.** The studies of the tasks were carried out on the experimental section of the North Caucasus Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – branch of the VSC of RAS in the conditions of the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania according to generally accepted methods during 2019–2021. The soil of the experimental site is medium-powerful heavy loamy leached black earth, underlain by pebbles. **Results.** The results of the study indicate a positive effect of the use of the growth stimulant “Epin-Extra” in the cultivation of potatoes of the Nevskiy variety in the conditions of the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania. The drug of the growth stimulant “Epin-Extra” contributes to an increase in the biometric indicators of potatoes: the height of plants by 1.4–3.3 cm, the number of main stems is 0.3–0.7 pcs. per bush compared to the control. It is established, that growth factor “Epin-Extra” strengthens process of formation of the area of leaves and keeps them during vegetation. On all skilled versions the area of leaves above a control version on 8.01; 4.54; 10.7 %, accordingly. The greatest sheet surface is noted at complex use of a growth factor in comparison with other skilled versions, the increase has made 8.2 and 6.0 %. The photosynthetic potential on skilled versions on the average varied from 1.32 up to 1.45 mln m²/ha days, which is 0.11; 0.19; 0.24 mln m²/ha days is more than the control option. The biological preparation “Epin-Extra” has a polyfunctional effect on potato plants. **Scientific novelty.** For the first time in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania it was the effect of the growth stimulator “Epin-Extra” on potato plantings was studied Nevskiy variety. **Practical significance.** The studies carried out make it possible to recommend the use of an effective growth stimulant “Epin-Extra” in the production of potatoes in the foothill zone in the pre-planting treatment of potatoes at a dose of 10 ml/t and when spraying plant leaves at a dose of 60 ml/ha in the budding phase, as an environmentally safe and low-cost agricultural technique that provides an increase in yield, the quality of potato tubers and resistance to late blight.

Keywords: Epin-Extra, growth stimulant, potatoes, Nevskiy variety, biometric indicators of potatoes, photosynthetic activity, pure photosynthesis productivity.

For citation: Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' kartofelya v zavisimosti ot sposobov primeneniya stimulyatora rosta v predgornoy zone RSO-Alaniya [Photosynthetic activity of potatoes depending on the methods of using a growth stimulator in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-26-35. (In Russian.)

Date of paper submission: 14.03.2022, **date of review:** 31.03.2022, **date of acceptance:** 11.04.2022.

References

1. Buldakov S. A., Plekhanova L. P. Effektivnost' deystviya khimicheskikh preparatov protiv bolezney rasteniy i klubney kartofelya [Effectiveness of chemicals against plant diseases and potato clowns] // Nauchnoe obespechenie, osobennosti i perspektivy razvitiya sel'skogo khozyaystva Dal'nevostochnogo regiona: sbornik nauchnykh trudov po materialam regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Yuzhno-Sakhalinsk, 2017. Pp. 14–22. (In Russian.)
2. Butov A. V., Adon'ev S. O. Regulatory rosta na kartofele [Plant growth regulators on potato] // Potato and vegetables. 2015. No. 5. Pp. 21–22. (In Russian.)
3. Vasil'eva S. V., Zeyruk V. N., Derevyagina M. K., Belov G. L., Barkov V. A. Effektivnost' primeneniya regulatorov rosta rasteniy na kartofele [Efficiency of plant growth regulators application on potato] // Agrokimiya. 2019. No. 7. Pp. 45–51. DOI: 10.1134/S0002188119070135. (In Russian.)
4. Veher A. S., Goncharik M. N. Fiziologiya i biokhimiya kartofelya [The physiology and biochemistry of potatoes]. Minsk, 1973. 264 p. (In Russian.)

5. Golovatskaya I. F., Bender O. G., Efimova M. V., Boyko E. V., Malofiy M. K., Murgan O. K., Plyusnin I. N. Rol' ekzogenykh steroidnykh fitogormonov v regulatsii funktsionirovaniya fotosinteticheskogo apparata rasteniy [The role of exogenous steroid phytohormones in the regulation of the functioning of the photosynthetic apparatus of plants] // Aktual'nye problemy kartofelevodstva: fundamental'nye i prikladnye aspekty: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tomsk, 2018. Pp. 103–107. (In Russian.)
6. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Technique of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian)
7. Zhevora S. V. Primenenie regulyatorov rosta i orosheniya na kartofele v regionakh s neustoychivym uvlazhneniem [The application of growth and irrigation regulators on potatoes in regions with unstable moisture] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2019. Vol. 14. No. 4. Pp. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373. (In Russian.)
8. Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Deystvie mikroudobreniya "Agro Master" naurozhaynost' i kachestvo klubney kartofelya [The effect of the microfertilizer "Agro-master" on the yield and quality of potato tubers] // Nauchnaya zhizn'. 2020. Vol. 15. No. 5 (105). Pp. 640–648. (In Russian.)
9. Ikoeva L. P., Khaeva O. E., Batsazova T. M., Shalygina A. A. Vliyanie mikroudobreniya "Agro Master" na fotometricheskie pokazateli raznykh sortov kartofelya [Effect of micronutrient fertilizer "Agro Master" on the photometric parameters of different potato varieties] // Journal of proceedings of the Gorsky SAU. 2020. Vol. 57. No. 2. Pp. 9–14. (In Russian.)
10. Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Vliyanie regulyatora rosta "Regoplant" i mikroudobreniya "Ul'tramag Kombi" na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' kartofelya v lesostepnoy zone RSO-Alaniya [Influence of the growth regulator "Regoplant" and microfertilizer "Ultramag Kombi" on photosynthetic activity of potatoes in the foreststeppe zone Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 07 (210). Pp. 55–65. (In Russian.)
11. Korshunov A. V., Simakov E. A., Lysenko Yu. N., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Gaitov M. Yu. Aktual'nye problemy i prioritetye napravleniya razvitiya kartofelevodstva [The actual problems and priority areas of development of potato growing] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2018. Vol. 32. No. 3. Pp. 12–20. (In Russian.)
12. Nichiporovich A. A. Fiziologiya fotosinteza i produktivnost' rasteniy [Physiology of photosynthesis and plant productivity] // Fiziologiya fotosinteza. Moscow: Nauka, 1982. Pp. 7–33. (In Russian.)
13. Plekhanova L. P., Buldakov S. A. Effektivnost' deystviya biopreparatov i fungitsidov protiv bolezney rasteniy, klubney kartofelya i ikh vliyanie na urozhaynost' [The effectiveness of action of biological preparation and fungicidal agents against plant diseases, potatoes tuber and their influence on productivity of land] // International Research Journal. 2019. No. 9 (87). Chast' 2. Pp. 28–33. URL: <https://research-journal.org/agriculture/effektivnost-deystviya-biopreparatov-i-fungicidov-protiv-bolezney-rasteniy-klubney-kartofelya-i-ix-vliyanie-na-urozhajnost> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031. (In Russian.)
14. Sabirova T. P., Sabirov R. A. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [The influence of biological products on the productivity of agricultural crops] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2018. No. 3 (43). Pp. 18–22. (In Russian.)
15. Stepanov A. I., Fedorov A. Ya., Nikolaeva F. V., Borisova D. V. Vliyanie organicheskikh udobreniy i biopreparata flavobakterin na urozhaynost' kartofelyai plodorodie pochv [The influence of organic fertilizers and the biological preparation flavobacterin on potato yield and soil fertility] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2018. No. 48 (6) Pp. 30–36. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-4. (In Russian.)
16. Tanakov N. T., Sakibaev K. Sh., Israilova G. S., Zhanturaeva B. T. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rannego kartofelya v zavisimosti ot fona pitaniya i sposobov primeneniya stimulyatora rosta v usloviyakh yuga Kyrgyzstana [The photosynthetic activity of early potatoes depending on the background of nutrition and methods of application of the growth stimulant in the conditions of southern Kyrgyzstan] [e-resource] // Scientific Journal of KubSAU. 2019. No. 152 (08). Pp. 117–128. URL: <http://ej.kubagro.ru/2019/08/pdf/13.pdf> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.21515/1990-4665-152-013. (In Russian.)
17. Uromova I. P., Kozlov A. V. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' i kachestvo kartofelya [The influence of biologics on potato productivity and quality] [e-resource] // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh fundamental'nykh issledovaniy. 2020. No. 5. Pp. 77–81. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13073> (date of reference: 09.02.2022). (In Russian.)
18. De Pascale S., Roupheal Y., Colla G. Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming // European Journal of Horticultural Science. 2018. Vol. 82. Pp. 277–285. DOI: 10.17660/eJHS.2017/82.6.2.
19. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of Vegetables [e-resource] // Biomolecules. 2021. Vol. 11 (5)

Article number 698. URL: <https://www.mdpi.com/2218-273X/11/5/698> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.3390/biom11050698.

20. Szparaga A., Kuboń M., Kocira S., Czerwińska E., Pawłowska A., Hara P., Kobus Z., Kwaśniewski D. Towards Sustainable Agriculture – Agronomic and Economic Effects of Biostimulant Use in Common Bean Cultivation [e-resource] // Sustainability.2019. No. 11. Article number 4575. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/17/4575> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.3390/su11174575.

Authors' information:

Larisa P. Ikoeva¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher at the department of rational use of mountain forage lands, ORCID 0000-0003-1737-3180, AuthorID 508900; +7 960 404-77-66, ikoeval@bk.ru

Oksana E. Khaeva², candidate of chemical sciences, associate professor, associate professor at the department of general and inorganic chemistry, ORCID 0000-0003-2338-0627, AuthorID 178532; +7 928 484-85-11, oksana_haeva@mail.ru

¹North Caucasus Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Mikhaylovskoe, Russia

²North Ossetian State University named after Kosta Levonovich Khetagurov, Vladikavkaz, Russia

Адаптивность озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании Удмуртского ФИЦ УрО РАН

И. В. Торбина^{1✉}

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

✉ E-mail: torbinaiv@udman.ru

Аннотация. Цель работы – оценить адаптивность, пластичность и стабильность новых сортов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании, выделить лучшие для почвенно-климатических условий Удмуртской Республики. В конкурсном сортоиспытании в 2017–2020 гг. испытывали 7 сортов озимой пшеницы. Посев провели в последней пятидневке августа. Норма высева – 6 млн всхожих зерен. Предшественник – сидеральный пар (клевер 2 г. п.). **Методы.** Адаптивность сортов определяли по методике А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой (1985), пластичность – по S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966). **Результаты.** В среднем за 2017–2018, 2020 гг. наибольшую урожайность (4,69–4,88 т/га) и общую адаптивную способность (ОАС, 4,10 и 1,98 т/га) имели сорта Италмас и 2.05/3. Более стабильными были сорта Любава и ДаУР ($\sigma^2_{САГ}$, 25,72 и 26,08). Сорта Италмас, А-683, 2.05/3 и Любава характеризовались высокой пластичностью и отзывчивостью на благоприятные условия ($b_i > 1$). Селекционной ценностью обладали сорта Италмас, ДаУР и 2.05/3 (СЦГ, 26,84–27,38). Сорта Италмас, 2.05/3 и А-683 были наиболее зимостойкими. Сорт ДаУР проявил большую устойчивость к выпреванию в условиях 2019 г., обеспечив перезимовку 24 % и превысив другие сорта на 9–19 % (НСР₀₅ частных различий – 7 %). Высокую устойчивость к полеганию в провокационных условиях показал стандарт Московская 39, среднеустойчивыми были сорта Италмас и 2.05/3. Наиболее высокое содержание клейковины (30,7 %) в зерне формировали сорта Московская 39 и 3.05/21, однако ее качество удовлетворительное (II группа). Хорошую клейковину I группы качества получили у сортов ДаУР и 2.05/3. Высокооткловидное зерно во все годы изучения отметили у стандарта Московская 39. **Научная новизна.** Впервые в условиях Удмуртской Республики проведена хозяйственно-биологическая оценка новых сортов селекции Удмуртского ФИЦ УрО РАН в конкурсном сортоиспытании.

Ключевые слова: селекция, озимая пшеница, конкурсное сортоиспытание, общая адаптивная способность, стабильность, пластичность, зимостойкость, устойчивость к полеганию, качество зерна.

Для цитирования: Торбина И. В. Адаптивность озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании Удмуртского ФИЦ УрО РАН // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 36–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-36-48.

Дата поступления статьи: 29.04.2022, **дата рецензирования:** 23.05.2022, **дата принятия:** 27.05.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Пшеница – одна из наиболее ценных и распространенных зерновых культур. Так, в структуре мирового потребления сельскохозяйственной продукции доля основных продуктов растениеводства, куда включают зерновые и масличные культуры, составляет в среднем 72 %, причем среди зерновых преобладают кукуруза (51 %) и пшеница (33 %). Производство зерновых и зернобобовых культур в России возрастает, в 2000 г. оно составило 65,4 млн тонн, в 2018 г. – 113,3 млн тонн. Урожайность зерновых в России на протяжении последних лет также показывала уверенный рост (среднегодовой темп прироста в 2014–2018 гг. был 1,3%) до 25,4 ц/га, однако все еще отстает от урожайности в лидирующих на мировом рынке странах [1, с. 15; 2, с. 6].

Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации, принятая правительством до 2035 г. [3], отводит ключевую роль в обеспечении повышения урожайности зерновых и зернобобовых культур и устойчивости их к негативным воздействиям внешних факторов селекции и семеноводству. Отмечен существенный (30–70 %) вклад селекции в повышение урожайности за последние десятилетия в стране и увеличение ее роли по мере усиления негативных тенденций климатических изменений.

Вопросами получения сортов и гибридов с максимальной и устойчивой продуктивностью в условиях предполагаемого региона возделывания занимается адаптивная селекция. Основная ее задача – создание высокопродуктивных сортов, устойчивых

к биотическим и абиотическим факторам среды [4, с. 10]. Исследованиями, проведенными Yan-Lei Du [5] на 18 сортах яровой пшеницы разных периодов селекции (от местных до современных сортов), выявлено, что в засушливых условиях Китая взаимосвязь урожайности со стабильностью отрицательная. В то же время селекционеры получают урожайные сорта с оптимальной стабильностью [6, с. 14; 7; 8, с. 34]. Сочетание величины и качества урожая с их экологической устойчивостью возможно, когда реализацию хозяйственно ценных признаков обеспечивают разные, независимо наследуемые механизмы и адаптивные реакции [9, с. 34]. Главная особенность адаптивной селекции – оценка пластичности, стабильности и адаптивности генотипов в процессе селекции [9, с. 357; 10, с. 618]. Селекция на стабильность урожаев озимых культур в широком диапазоне сред возможна при создании запаса экологической надежности по основным лимитирующим урожай факторам [11, с. 4; 12, с. 18]. Целенаправленную работу по созданию адаптированных генотипов сдерживает недостаток экспериментальных данных по влиянию погодных условий на селекционно значимые признаки [13, с. 21].

Цель работы – оценить адаптивность, пластичность и стабильность новых сортов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании, выделить лучшие по основным лимитирующим хозяйственно-биологическим свойствам и качеству зерна, выявить перспективные для почвенно-климатических условий Удмуртской Республики.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проводилось в 2017–2020 гг. в Удмуртском НИИСХ (структурное подразделение УдмФИЦ УрО РАН). Объектом исследований являлись семь сортов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании. Сорта получены методом гибридизации выделенных по хозяйственно ценным признакам сортов культуры. Стандартом был сорт Московская 39. Площадь делянки – 20–33 м², повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое, во втором ярусе со смещением. Почва размещались в экспериментальном севообороте института. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, хорошо окультуренная, с нейтральной реакцией среды, с очень высоким содержанием фосфора, высоким содержанием калия. По гранулометрическому составу почва опытных участков является типичной для Удмуртской Республики. Предшественник – сидеральный пар (клевер 2 г. п.).

Зимний период 2016/2017 гг. характеризовался более продолжительным периодом залегания снежного покрова – 176 дней (почти 6 месяцев). Снег лег на промерзшую землю. Влагообеспеченность в период возобновления весенней вегетации, весеннего кущения, выхода в трубку и колошения была

благоприятной. Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) в мае составил 2,6, в июне – 2,9 при среднемноголетних величинах 1,1 и 1,2 соответственно. Период налива выдался слабозасушливым (ГТК июля – 1,0).

Условия зимовки 2017/2018 гг. были благоприятными. Температура почвы на глубине узла кущения держалась на уровне –3...–4 °С. Сход снега с поля отмечали в среднемноголетние сроки. Увлажнение почвы в мае и июне находилось на уровне среднемноголетнего (ГТК 1,2–1,3 и 1,1 соответственно). Налив зерна проходил в засушливых условиях, что ускорило отток пластических веществ в зерновку и созревание пшеницы.

Осенне-зимние условия 2018/2019 гг. характеризовались комплексом неблагоприятных метеорологических факторов. Избыточное увлажнение в сентябре (ГТК 1,7) привели к более интенсивному прорастанию склеротий гриба *Sclerotinia sclerotiorum* и осеннему поражению посевов. Снижение температуры воздуха до –15,7 °С в бесснежный период ноября ослабило озимую пшеницу. Зимне-ранневесенний период был теплее среднемноголетнего, за этот период выпало много осадков. Посевы озимой пшеницы массово подверглись выпреванию. В связи с низкой перезимовкой (5–30 %) опыты по конкурсному сортоиспытанию были списаны по акту.

Зима 2019/2020 гг. была теплой и многоснежной. Но благодаря тому, что снег в ноябре лег на сырую почву, температура почвы на глубине узла кущения держалась на уровне –3...–4 °С. В критический период водопотребления (выход в трубку – колошение) условия были засушливыми и сухими (ГТК мая –0,9, июня –0,6). Июль характеризовался условиями избыточного увлажнения (ГТК 1,5), что привело к полеганию менее устойчивых сортов.

Закладку полевых опытов, наблюдения и учеты проводили согласно методике государственного сортоиспытания. Для оценки существенности различий по урожайности и перезимовке, взаимодействию сортов с условиями года проводили обработку данных методом двухфакторного дисперсионного анализа. Адаптивность сортов конкурсного питомника определяли по А. В. Кильчевскому и Л. В. Хотылевой [14, с. 1491–1498; 15]. Реакцию генотипа на улучшение условий среды определяли по величине коэффициента регрессии сорта на среду b_i по S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. З. Пакудина, Л. М. Лопатиной [16]. Показатель гомеостатичности рассчитывали по методике В. В. Хангильдина [17, С. 115] по формуле: $Hom = x_{cp.}^2 / \sigma(x_{cp. opt} - x_{cp. lim})$, где $x_{cp.}$ – обобщенная средняя величина признака; σ – среднее квадратическое отклонение; $x_{cp. opt}$ – среднее значение признака на оптимальном фоне; $x_{cp. lim}$ – среднее значение признака на лимитированном фоне.

Результаты (Results)

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы выявил высокую достоверность различий между эффектами сортов (генотипов), сред и взаимодействия (таблица 1). Выявлено, что основную долю влияния в общей дисперсии признака имела среда (82,4 %), в меньшей степени – сорт и взаимодействие сорта с условиями года (8,4 и 7,2 % соответственно).

Урожайность озимой пшеницы по годам приведена в таблице 2. Наибольшую урожайность в 2017 г. сформировали сорта Италмас, 2.05/3, 3.05/21 и ДаУР (4,43–4,70 т/га, НСР₀₅ 0,34 т/га), в 2018 г. – Италмас, А-683 и 2.05/3 (5,56–5,95 т/га, НСР₀₅ 0,44 т/га), в 2020 г. – стандарт Московская 39, Италмас и 2.05/3 (5,28–5,54 т/га, НСР₀₅ 0,62 т/га). Таким образом, во все три года исследований лучшими были Италмас и 2.05/3. Максимальный урожай в среднем за все годы исследований обеспечил сорт Италмас, минимальный – Любава.

Таблица 1
Результаты дисперсионного анализа урожайности (2017–2018, 2020 гг.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Вклад факторов, %	F_{ϕ}	F_{05}
Общая	4199,0	83				
Сорта (А)	417,2	6	69,5	8,4	4,23	2,29
Год (В)	1360,0	2	680,0	82,4	41,35	3,18
Взаимодействия АВ	709,2	12	59,1	7,2	3,59	1,95
Остаток (ошибки)	1036,0	63	16,4	2,0		

Table 1
Yield analysis of variance results (2017–2018, 2020)

Dispersion	Sum of squares	Degrees of freedom	Medium square	The contribution of factors, %	F_{fact}	F_{05}
General	4199.0	83				
Varieties (A)	417.2	6	69.5	8.4	4.23	2.29
Year (B)	1360.0	2	680.0	82.4	41.35	3.18
Interactions AB	709.2	12	59.1	7.2	3.59	1.95
Remainder (errors)	1036.0	63	16.4	2.0		

Таблица 2
Урожайность озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (2017–2018, 2020 гг.)

Генотип	2017 г.	2018 г.	2020 г.	Средняя
Московская 39 (ст.)	4,29	4,77	5,54	4,86
А-683	4,34	5,58	4,72	4,88
Италмас	4,70	5,95	5,28	5,31
2.05/3	4,43	5,56	5,30	5,10
3.05/21	4,49	5,44	4,14	4,69
ДаУР	4,66	5,47	4,44	4,86
Любава	3,98	5,01	4,79	4,59
НСР ₀₅	0,34	0,44	0,62	

Table 2
Yield of winter wheat in competitive variety testing (2017–2018, 2020)

Genotype	2017	2018	2020	Medium
Moskovskaya 39 (st.)	4.29	4.77	5.54	4.86
A-683	4.34	5.58	4.72	4.88
Italmas	4.70	5.95	5.28	5.31
2.05/3	4.43	5.56	5.30	5.10
3.05/21	4.49	5.44	4.14	4.69
DaUR	4.66	5.47	4.44	4.86
Lyubava	3.98	5.01	4.79	4.59
LSD ₀₅	0.34	0.44	0.62	

Таблица 3

Параметры адаптивности и стабильности генотипов (2017–2018, 2020 гг.)

Генотип	Общая адаптивная способность (v_i)	Варианса специфической адаптивной способности (σ^2_{CACi})	Относительная стабильность (s_{gi})	Селекционная ценность (СЦГ _i)	Коэффициент регрессии (b_i)
Московская 39 (ст.)	–0,33	35,92	12,32	23,78	0,46
A-683	–0,19	40,36	13,02	22,43	1,26
Италмас	4,10	39,02	11,77	27,16	1,27
2.05/3	1,98	33,79	11,41	26,84	1,14
3.05/21	–2,08	44,95	14,30	19,09	0,98
ДаУР	–0,41	26,08	10,52	27,38	0,84
Любава	–3,07	25,72	11,05	24,87	1,04

Table 3

Parameters of adaptability and stability of genotypes (2017–2018, 2020)

Genotype	General adaptive capacity (v_i)	Variant specific adaptive capacity (σ^2_{CACi})	Relative stability (s_{gi})	Breeding value (Bv_i)	Regression coefficient (b_i)
Moskovskaya 39 (st.)	–0.33	35.92	12.32	23.78	0.46
A-683	–0.19	40.36	13.02	22.43	1.26
Italmas	4.10	39.02	11.77	27.16	1.27
2.05/3	1.98	33.79	11.41	26.84	1.14
3.05/21	–2.08	44.95	14.30	19.09	0.98
DaUR	–0.41	26.08	10.52	27.38	0.84
Lyubava	–3.07	25.72	11.05	24.87	1.04

Существенное отличие между урожайностью сортов в годы исследования позволило определить параметры их адаптивности. Анализ адаптивной способности и стабильности, проведенный по методу А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой, показал, что наибольшую общую адаптивную способность имели наиболее урожайные сорта Италмас и 2.05/3 (ОАС, v_i 4,10 и 1,98 т/га соответственно, таблица 3). За годы исследований более стабильными были сорта Любава и ДаУР, варианта специфической адаптивной способности (σ^2_{CACi}) у них составила 25,72 и 26,08 соответственно.

Оценка реакции сортов, проведенная по S. A. Eberhart, W. A. Russell, выявила более пластичные и отзывчивые на благоприятные условия сорта – Италмас, А-683, 2.05/3 и Любава ($b_i > 1$). Сорта Московская 39, 3.05/21 и ДаУР показали себя лучше в менее благоприятных условиях ($b_i < 1$). Селекционная ценность сорта является показателем, сочетающим продуктивность и стабильность урожая. Среди изучаемых сортов более высокой селекционной ценностью по урожайности обладали сорта Италмас, ДаУР и 2.05/3 (СЦГ 26,84–27,38).

Изучаемые в конкурсном сортоиспытании сорта озимой пшеницы различались между собой по хозяйственно-биологическим признакам. Зимостойкость – хозяйственно-биологический признак,

чаще всего определяющий урожайность культуры в Среднем Предуралье [18, с. 32; 19, с. 45]. В настоящем исследовании также выявлена сильная положительная корреляционная зависимость ($r = 0,90$) между урожайностью и перезимовкой, существенная при уровне значимости 0,05%. Дисперсионный анализ зимостойкости, проведенный по данным четырех лет (2017–2020), установил значимое различие между генотипами (фактор А), условиями года (фактор В) и взаимодействием АВ (таблица 4).

В среднем за годы исследований выявлены наиболее зимостойкие сорта – Италмас, 2.05/3 и А-683 (перезимовка 69–71 %, таблица 5). Они превысили по данному показателю стандарт Московская 39 на 4–6 % при НСР₀₅ по фактору А 4 %.

Наиболее благоприятными условиями перезимовки характеризовался 2018 г. Существенно ниже перезимовка получена в 2020 г. (88 %), в 2017 г. (74 %) и особенно в 2019 г. (10 %). В 2019 г. в результате выпревания после схода снега большинство растений или погибло, или имело 1–2 живых центральных листа, 4–5 баллов по шкале В. К. Неофитовой [20, с. 4; 21, с. 8]. Наиболее адаптированным к неблагоприятным условиям 2019 г. оказался сорт ДаУР, обеспечив перезимовку 24 % и превысив все сорта на 9–19 % (НСР₀₅ частных различий – 7 %).

Таблица 4
Результаты дисперсионного анализа перезимовки (2017–2020 гг.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Вклад факторов, %	F_{ϕ}	F_{05}
Общая	138 335,7	111				
Сорта (А)	711,1	6	118,5	0,18	4,43	3,71
Год (В)	131 634,1	2	65 817,0	99,77	2 460,11	3,09
Взаимодействия АВ	3 405,1	12	283,8	0,43	10,61	2,35
Остаток (ошибки)	2 327,6	87	26,8	0,04		

Table 4
Results of analysis of variance overwintering (2017–2020)

Dispersion	Sum of squares	Degrees of freedom	Medium square	The contribution of factors, %	F_{fact}	F_{05}
General	138 335.7	111				
Varieties (A)	711.1	6	118.5	0.18	4.43	3.71
Year (B)	131 634.1	2	65 817.0	99.77	2 460.11	3.09
Interactions AB	3405.1	12	283.8	0.43	10.61	2.35
Remainder (errors)	2327.6	87	26.8	0.04		

Таблица 5
Перезимовка сортов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании, % (2017–2020 гг.)

Генотип	2017	2018	2019	2020	Среднее по фактору А, НСР ₀₅ по фактору А – 4%
Московская 39 (ст.)	70	99	6	88	65
А-683	78	98	15	90	70
Италмас	80	96	6	93	69
2.05/3	80	100	6	98	71
3.05/21	79	96	5	73	63
ДаУР	68	98	24	78	66
Любава	68	98	7	96	67
Среднее по фактору В	74	94	10	88	
НСР ₀₅ по фактору В – 3 %					
НСР ₀₅ частных различий – 7 %					

Table 5
Overwintering of winter wheat varieties in competitive variety testing, % (2017–2020)

Genotype	2017	2018	2019	2020	Average by factor A, LSD ₀₅ by factor A – 4 %
Moskovskaya 39 (st.)	70	99	6	88	65
A-683	78	98	15	90	70
Italmas	80	96	6	93	69
2.05/3	80	100	6	98	71
3.05/21	79	96	5	73	63
DaUR	68	98	24	78	66
Lyubava	68	98	7	96	67
Average by factor B	74	94	10	88	
LSD ₀₅ by factor B – 3 %					
LSD ₀₅ of private differences – 7 %					

В Удмуртии в связи с продолжительным зимним периодом (до 6 месяцев) и мощным снежным покровом (в среднем 50–60 см) ежегодно происходит выпревание озимых. Весной ослабленные выпреванием растения озимой пшеницы сильнее поражаются снежной плесенью и склеротиниозом, в

результате чего резко ухудшается их перезимовка. Урожайность озимых культур, подвергшихся выпреванию, значительно снижается. По данным филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Удмуртской Республике, за 2009–2020 гг. распространенность снежной плесени на посевах озимых зерновых куль-

тур выше экономического порога вредоносности (20,6–48,3 %) была в 7 из 12 лет, развитие болезни составило 2,1–7,9 % [22, с. 221]. То есть почти каждый год в регионе можно ожидать существенного поражения озимых культур. В Татарстане за период 2001–2017 гг. также было выявлено ежегодное проявление снежной плесени, а эпифитотия наблюдалась в 8 из 17 сезонов [23, с. 29]. Поражение сортов снежной плесенью в конкурсном сортоиспытании наблюдали во все годы исследований. В 2018 г. распространенность болезни была незначительной (до 10 %). Данные за 2017 и 2020 гг. представлены в таблице 6.

В среднем за 2 года более значительная распространенность болезни отмечена по сортам ДаУР и 3.05/21 (35,0–36,9 %, на 25–26,9 % больше стандарта Московская 39, НСР₀₅ по фактору А – 14,7 %). Корреляционный анализ перезимовки с поражением снежной плесенью выявил среднюю отрицательную корреляцию ($r = -0,62$, существенно при уровне значимости 0,05 %). На Среднем Урале по результатам изучения озимой ржи в 2014–2019 гг. [24, с. 30] корреляция между данными хозяйственными признаками была тесной, достоверной ($r = -0,909 \dots -0,941$).

Важным показателем пригодности к механизированной уборке зерновых является устойчивость к полеганию. В 2020 г. сложились условия, прово-

цирующие полегание менее устойчивых сортов – в фазе восковой спелости неоднократно наблюдались ливневые дожди. Устойчивость ниже средней (4,0–4,5 балла) была отмечена у сортов А-683, 3.05/21, ДаУР и Любава. Среднюю устойчивость имели сорта Италмас и 2.05/3. Высокоустойчивым оказался стандарт Московская 39. Одним из главных факторов повышения устойчивости к полеганию зерновых является снижение высоты растений. В среднем за 2 года (2018 и 2020 гг.) наименьшая высота растений была отмечена у стандарта Московская 39 и 3.05/21, она составила 95 см. Остальные сорта превысили стандарт на 8–12 см (таблица 7).

Качество зерна является важным критерием товарной ценности пшеницы. Наиболее высокое содержание клейковины формировали стандарт Московская 39 и сорт 3.05/21 (28,6–33,5 и 28,1–33,6 % соответственно, средняя – 30,7 %), вариабельность данного показателя низкая ($V = 8 \dots 9$ %, таблица 8). В среднем за три года сорта А-683, Италмас, ДаУР и Любава показали массовую долю клейковины 27,1–27,8 % при средней степени вариабельности ($V = 11 \dots 14$ %). Наиболее стабильным по показателю гомеостатичности по В. В. Хангильдину являлся сорт Московская 39, затем в порядке убывания следовали сорта 3.05/21, ДаУР, 2.05/3, А-683, Италмас и Любава.

Таблица 6
Распространенность снежной плесени на озимой пшенице в конкурсном сортоиспытании (2017, 2020 гг.)

Генотип (фактор А)	2017 г.	2020 г.	Среднее по фактору А, НСР ₀₅ по фактору А – 14,7 %
Московская 39 (ст.)	15,0	5,0	10,0
А-683	17,5	3,8	10,6
Италмас	20,0	8,8	14,4
2.05/3	30,0	7,5	18,8
3.05/21	13,8	60,0	36,9
ДаУР	22,5	47,5	35,0
Любава	7,5	3,8	5,6
НСР ₀₅ частных различий – 20,6 %			

Table 6
The prevalence of snow mold on winter wheat in competitive variety testing (2017, 2020)

Genotype (factor A)	2017	2020	Average by factor A, LSD ₀₅ by factor A – 14.7 %
Moskovskaya 39 (st.)	15.0	5.0	10.0
A-683	17.5	3.8	10.6
Italmas	20.0	8.8	14.4
2.05/3	30.0	7.5	18.8
3.05/21	13.8	60.0	36.9
DaUR	22.5	47.5	35.0
Lyubava	7.5	3.8	5.6
LSD ₀₅ of private differences – 20.6 %			

Таблица 7

Устойчивость к полеганию и высота растений озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (2017–2018, 2020 гг.)

Агротехнологии

Генотип	Устойчивость к полеганию, балл				V, %	Высота растений, см			V, %
	2017 г.	2018 г.	2020 г.	Среднее		2018 г.	2020 г.	Среднее	
Московская 39 (ст.)	8,0	9,0	7,0	8,0	13	96	94	95	1
A-683	8,0	7,0	4,0	6,3	33	106	107	107	1
Италмас	7,0	8,0	6,0	7,0	14	100	108	104	5
2.05/3	7,0	8,0	5,3	6,8	20	102	107	105	3
3.05/21	8,0	8,0	4,0	6,7	35	97	92	95	4
ДаУР	8,0	9,0	4,5	7,2	33	102	104	103	1
Любава	6,0	5,0	4,5	5,2	15	112	98	105	9

Table 7

Lodging resistance and plant height of winter wheat in competitive variety testing (2017–2018, 2020)

Genotype	Lodging resistance, score				V, %	Plant height, cm			V, %
	2017	2018	2020	Average		2018	2020	Average	
Moskovskaya 39 (st.)	8.0	9.0	7.0	8.0	13	96	94	95	1
A-683	8.0	7.0	4.0	6.3	33	106	107	107	1
Italmas	7.0	8.0	6.0	7.0	14	100	108	104	5
2.05/3	7.0	8.0	5.3	6.8	20	102	107	105	3
3.05/21	8.0	8.0	4.0	6.7	35	97	92	95	4
DaUR	8.0	9.0	4.5	7.2	33	102	104	103	1
Lyubava	6.0	5.0	4.5	5.2	15	112	98	105	9

Таблица 8

Содержание клейковины в зерне и его стабильность у сортов конкурсного сортоиспытания (2017–2018, 2020 гг.)

Сорт	Содержание клейковины в зерне, %			Среднее, %	Коэффициент вариации (V), %	Показатель гомеостатичности (Hom)
	2017	2018	2020			
Московская 39 (ст.)	30,0	33,5	28,6	30,7	8	76
A-683	25,0	30,8	25,6	27,1	12	40
Италмас	29,0	31,0	23,8	27,9	13	29
2.05/3	22,5	27,0	27,8	25,8	11	44
3.05/21	30,4	33,6	28,1	30,7	9	62
ДаУР	24,4	29,8	29,3	27,8	11	48
Любава	25,8	32,3	25,2	27,8	14	28

Table 8

The content of gluten in the grain and its stability in varieties of competitive variety trials (2017–2018, 2020)

Variety	The content of gluten in the grain, %			Average, %	The coefficient of variation (V), %	Homeostatic index (Hom)
	2017	2018	2020			
Moskovskaya 39 (st.)	30,0	33,5	28,6	30,7	8	76
A-683	25,0	30,8	25,6	27,1	12	40
Italmas	29,0	31,0	23,8	27,9	13	29
2.05/3	22,5	27,0	27,8	25,8	11	44
3.05/21	30,4	33,6	28,1	30,7	9	62
DaUR	24,4	29,8	29,3	27,8	11	48
Lyubava	25,8	32,3	25,2	27,8	14	28

Таблица 9

Во все годы исследований хорошую клейковину I группы качества получили у сортов ДаУР и 2.05/3 (таблица 9). У сортов Московская 39 и 3.05/21 качество клейковины было II группы, удовлетворительное, но стабильное ($V = 4\%$).

Согласно ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия», во все годы исследований сорта конкурсного сортоиспытания формировали высококонатурное зерно – 753,8–800,3 г/л. В среднем данный показатель был наибольшим у сорта 3.05/21 – 795,3 г/л.

**Качество клейковины в зерне и его вариабельность у сортов конкурсного сортоиспытания
(2017–2018, 2020 гг.)**

Сорт	Показание ИДК, ед.			Среднее, %	V, %	Группа клейковины		
	2017	2018	2020			2017	2018	2020
Московская 39 (ст.)	84,1	80	78,3	80,8	4	II	II	II
A-683	65,6	83	72,1	73,6	12	I	II	I
Италмас	100,6	90	78,7	89,8	12	II	II	II
2.05/3	74,7	70	75,0	73,2	4	I	I	I
3.05/21	86,9	82	81,5	83,5	4	II	II	II
ДаУР	55,4	74	74,0	67,8	16	I	I	I
Любава	96,3	87	72,3	85,2	14	II	II	I

Agrotechnologies

Table 9
*The quality of gluten in grain and its variability in varieties of competitive variety testing
(2017–2018, 2020)*

Variety	Indication GSG, units			Average, %	V, %	Gluten group		
	2017	2018	2020			2017	2018	2020
Moskovskaya 39 (st.)	84.1	80	78.3	80.8	4	II	II	II
A-683	65.6	83	72.1	73.6	12	I	II	I
Italmas	100.6	90	78.7	89.8	12	II	II	II
2.05/3	74.7	70	75.0	73.2	4	I	I	I
3.05/21	86.9	82	81.5	83.5	4	II	II	II
DaUR	55.4	74	74.0	67.8	16	I	I	I
Lyubava	96.3	87	72.3	85.2	14	II	II	I

Таблица 10
Стекловидность зерна и его стабильность у сортов конкурсного сортоиспытания (2018, 2020 гг.)

Сорт	Стекловидность, %		Среднее, %	V, %
	2018	2020		
Московская 39 (ст.)	82	71	77	10
A-683	72	24	48	71
Италмас	28	15	22	43
2.05/3	68	18	43	82
3.05/21	68	59	64	10
ДаУР	42	53	48	16
Любава	10	3	7	76

Table 10
Glassiness of grain and its stability in varieties of competitive variety testing (2018, 2020)

Variety	Glassiness, %		Average, %	V, %
	2018	2020		
Moskovskaya 39 (st.)	82	71	77	10
A-683	72	24	48	71
Italmas	28	15	22	43
2.05/3	68	18	43	82
3.05/21	68	59	64	10
DaUR	42	53	48	16
Lyubava	10	3	7	76

Стекловидность зерна служит косвенным показателем его мукомольных и хлебопекарных качеств. Снижение стекловидности ухудшает качество хлеба. Стекловидность зависит от сорта, характера складывающихся погодных условий [25]. Согласно ГОСТ 9353-2016, для краснозерной озимой пшеницы к первому, второму классу может быть от-

несено зерно со стекловидностью не менее 60 %, к третьему – не менее 40 %. В среднем за 2018 и 2020 гг. зерно с высокой стекловидностью (77 и 64 %) сформировали сорта Московская 39 и 3.05/21 (таблица 10). Стекловидность зерна сортов ДаУР, А-683, 2.05/3 составила 43–48 %, что соответствует третьему классу, а других сортов – четвертому

классу (ниже 40 %). Зависимость стекловидности зерна от условий возделывания была средней у сортов Московская 39, 3.05/21 и ДаУР, сильной – у остальных сортов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

За годы изучения (2017–2020) условия перезимовки озимой пшеницы значительно колебались от 10 % в 2019 г. до 94 % в 2018 г. Гибель озимой пшеницы была обусловлена выпреванием культуры. Наиболее адаптированным к выпреванию оказался сорт ДаУР, обеспечив перезимовку 24 % и превысив все сорта на 9–19 % (НСР₀₅ частных различий – 7 %).

Наибольшую урожайность в среднем за 2017/2018 и 2020 гг. сформировали сорта Италмас (4,69 т/га) и 2.05/3 (4,88 т/га), они же обладали наибольшей адаптивной способностью (ОАС). наилучшее сочетание продуктивности и стабильности (селекционную ценность по урожайности) имели сорт Италмас, внесенный в Госреестр селекционных достижений, сорт ДаУР, переданный на го-

сударственное сортоиспытание в 2020 г., и 2.05/3. Пластичностью и отзывчивостью на благоприятные условия обладали сорта Италмас, А-683, 2.05/3 и Любава ($b_i > 1$). Адаптивные свойства сортов Италмас и 2.05/3 были обусловлены повышенной зимостойкостью.

Согласно ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия», сорта озимой пшеницы формировали зерно третьего (Московская 39, 3.05/21, ДаУР, А-683, 2.05/3) и четвертого класса (Италмас, Любава).

Оценка полегаетости в провокационных условиях выявила высокоустойчивый сорт Московская 39. Среднеустойчивыми были сорта Италмас и 2.05/3.

Таким образом, в дальнейшей селекционной работе с озимой пшеницей большее внимание необходимо уделить качеству зерна (стекловидность, содержание клейковины и ее качество, стабильность данных свойств), методикам косвенной оценки устойчивости к полеганию.

Библиографический список

1. Исследование передовой российской и зарубежной практики в области повышения производительности труда в сфере производства зерновых культур. Декабрь 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://производительность.рф/documents/151/%D0%98%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2_%D0%A0_i7Z3NIN.PDF (дата обращения: 04.04.2022).
2. Петров Л. К. Оценка урожайности, экологической стабильности и пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Нижегородской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 6–9. DOI: 10.31857/S2500262720030023.
3. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560974985#656010> (дата обращения: 04.04.2022).
4. Евдокимов М. Г., Белан И. А., Юсов В. С., Ковтуненко А. Н., Росеева Л. П. Адаптивный потенциал сортов пшеницы (озимой, яровой мягкой и яровой твердой) селекции Омского аграрного научного центра // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 10. С. 9–15.
5. Yan-Lei D., Yue X., Ting C., Anten N.P.R., Weiner J., Xinmao L., Turner N. C., Yi-Min Z., Feng-Min L. Yield components, reproductive allometry and the tradeoff between grain yield and yield stability in dryland spring wheat [e-resource] // Field Crops Research. 2020. Vol. 257. Article number 107930. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107930. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429020312144> (date of reference: 15.04.2022).
6. Owusu G. A., Nyadanu D., Owusu-Mensah P., Adu Amoah R., Amissah S., Danso F. C. Determining the effect of genotype × environment interactions on grain yield and stability of hybrid maize cultivars under multiple environments in Ghana [e-resource] // Ecological Genetics and Genomics. 2018. Vol. 9. Pp. 7–15. DOI: 10.1016/j.egg.2018.07.002. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405985418300028> (date of reference: 15.04.2022).
7. Ahakpaz F., Abdi H., Neyestani E., Hesami A., Mohammadi B., Mahmoudi K. N., Abedi-Asl G., Noshabadi M. R. J., Ahakpaz F., Alipour H. Genotype-by-environment interaction analysis for grain yield of barley genotypes under dryland conditions and the role of monthly rainfall [e-resource] // Agricultural Water Management. 2021. Vol. 245. Article number 106665. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106665. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377420322095> (date of reference: 15.04.2022).
8. Тороп А. А., Чайкин В. В., Тороп Е. А., Кузьменко С. А. Практическое использование в селекции озимой ржи способов, позволяющих сочетать в сорте высокую урожайность и адаптивность к условиям среды // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 3. С. 33–35.
9. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.

10. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 5. С. 617–626. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-adaptivnosti-v-selektcii-zernovykh-kultur> (дата обращения: 06.04.2022).
11. Грабовец А. И., Фоменко М. А.. Стабильность урожая в широком диапазоне сред – основной параметр при селекции озимой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262720050014.
12. Васильев А. А., Дергилева Т. Т., Дергилев В. П. Оценка адаптивного потенциала белорусских сортов картофеля в условиях Челябинской области // Аграрный вестник Урала. 2021. № 4 (207). С. 17–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-17-23.
13. Рожмина Т. А., Жученко А. А. мл., Рожмина Н. Ю., Киселева Т. С., Герасимова Е. Г. Новые источники селекционно-значимых признаков льна, адаптированные к условиям Центрального Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 20–55. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10808.
14. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды Сообщение 2. Числовой пример и обсуждение // Генетика. 1985. Т. XXI. № 9. С. 1491–1498.
15. Литвинова М. К., Мешков А. В., Пустовалова С. В. Методическое пособие для выполнения учебных занятий и самостоятельной работы по селекции овощных культур по теме «Адаптивный подход к семеноводству». Мичуринск: Издательство Мичуринского государственного аграрного университета, 2005. 19 с.
16. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109–113.
17. Хангильдин В. В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. Москва, 1978. С. 111–116.
18. Озимые зерновые культуры в Удмуртской Республике: монография / Н. Г. Туктарова, А. Г. Курылева, С. С. Жирных, И. В. Торбина. Ижевск: ООО ПКФ «Буква», 2017. 124 с.
19. Торбина И. В., Фардеева И. Р. Адаптивность коллекционных образцов озимой пшеницы к условиям Среднего // Вестник Казанского ГАУ. 2021. № 2 (62). С. 43–49.
20. Торбина И. В., Фардеева И. Р. Озимая пшеница селекции Удмуртского НИИСХ УдмФИЦ УрО РАН в конкурсном сортоиспытании // Известия ТСХА. 2020. № 3. С. 5–16. DOI: 10.26897/0021-342X-2020-3-5-16.
21. Шешегова Т. К. Создание исходного материала для селекции озимой ржи на устойчивость к выпреванию в Северо-Восточной части Нечерноземной зоны России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Санкт-Петербург, 1993. 19 с.
22. Курылева А. Г., Курылев М. В., Фатыхов И. Ш. Мониторинг распространения основных болезней озимых зерновых культур в Удмуртской Республике // Интеллектуальный вклад тюркоязычных ученых в современную науку: материалы Международной научной конференции, посвященной 30-летию Татарского общественного центра Удмуртии. Ижевск, 2021. С. 324–327.
23. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в Республике Татарстан / М. Л. Пономарева, С. Н. Пономарев, Г. С. Маннапова, Л. В. Илалова // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9 (150). С. 27–34.
24. Потапова Г. Н., Галимов К. А., Зобнина Н. Л. Продуктивность и адаптивность сортов озимой ржи на Среднем Урале // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 10. С. 28–33. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11004.
25. Коваленко С. А., Кадушкина В. П., Бирюкова О. В. Стекловидность зерна яровой твердой пшеницы в условиях севера Ростовской области [Электронный ресурс] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 1 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/steklovidnost-zerna-yarovoy-tverdoy-pshenitsy-v-usloviyah-severa-rostovskoy-oblasti> (дата обращения: 25.03.2022).

Об авторе:

Ирина Валерьевна Торбина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-9314-0605, AuthorID 624199; +7 950 178-98-34, torbinaiv@udman.ru

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

Adaptability of winter wheat in the competitive variety testing of the Udmurt FRC of the UB RAS

I. V. Torbina¹✉

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

✉ E-mail: torbinaiv@udman.ru

Abstract. The work purpose is to evaluate the adaptability, plasticity and stability of new varieties of winter wheat in competitive variety testing, to identify the best ones for the soil and climatic conditions of the Udmurt Republic. In 2017–2020, seven varieties of winter wheat participated in competitive variety testing. Sowing was carried out in the last five days of August. The seeding rate is 6 million germinating grains. Predecessor was green manure fallow (clover 2 year of use). The adaptability of varieties was determined by the method of A. V. Kilchevsky and L. V. Khotyleva (1985), plasticity according to S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966), analysis of variance and coefficient of variation according to B. A. Dospekhov (1985). On average for 2017–2018, 2020, the varieties Italmas and 2.05/3 had the highest yield (4.69–4.88 t/ha) and overall adaptive capacity (4.10 and 1.98 t/ha). The varieties Lyubava and DaUR were more stable (σ^2_{CAC} 25,72 and 26,08). Varieties Italmas, A-683, 2.05/3 and Lyubava were characterized by high plasticity and responsiveness to favorable conditions ($b_i > 1$). The varieties Italmas, DaUR and 2.05/3 had breeding value (breeding value of the genotype was 26.84–27.38). Varieties Italmas, 2.05/3 and A-683 were the most winter-hardy. Variety DaUR showed greater resistance to damping-off under the conditions of 2019, providing overwintering by 24 % and exceeding other varieties by 9–19 % (the least significant difference (95 %) of private differences is 7 %). Standard Moskovskaya 39 showed high resistance to lodging under provocative conditions, varieties Italmas and 2.05/3 were moderately resistant. Varieties Moskovskaya 39 and 3.05/21 formed the highest gluten content in grain (30.7 %), but its quality is satisfactory (Group II). Good gluten of the I quality group was obtained from varieties DaUR and 2.05/3. High-glassy grain in all years of study was noted in the Moskovskaya 39 standard.

Keywords: general adaptive capacity and plasticity of yield, resistance to snow mold.

For citation: Torbina I. V. Adaptivnost' ozimoy pshenitsy v konkursnom sortoispytanii Udmurtskogo FITs URO RAN [Adaptability of winter wheat in the competitive variety testing of the Udmurt FRC of the UB RAS] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 36–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-36-48. (In Russian.)

Date of paper submission: 29.04.2022, **date of review:** 23.05.2022, **date of acceptance:** 27.05.2022.

References

1. Issledovaniye peredovoy rossiyskoy i zarubezhnoy praktiki v oblasti povysheniya proizvoditel'nosti truda v sfere proizvodstva zernovykh kul'tur. Dekabr' 2019 [Study of the best Russian and foreign practices in the area of increasing labor productivity in the field of grain production. December 2019] [e-resource]. URL: https://производительность.pdf/documents/151/%D0%98%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2_%D0%A0_i7Z3NIN.PDF (date of reference: 04.04.2022). (In Russian.)
2. Petrov L. K. Otsenka urozhaynosti, ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov ozimoy pshenitsy v usloviyakh Nizhegorodskoy oblasti [Evaluation of yield, ecological stability and plasticity of winter wheat varieties in the conditions of the Nizhny Novgorod region] // Russian Agricultural Sciences. 2020. No. 3. Pp. 6–9. DOI: 10.31857/S2500262720030023. (In Russian.)
3. Dolgosrochnaya strategiya razvitiya zernovogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii do 2035 goda [Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2035] [e-resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560974985#6560IO> (date of reference: 04.04.2022). (In Russian.)
4. Evdokimov M. G., Belan I. A., Yusov V. S., Kovtunenkov A. N., Roseeva L. P. Adaptivnyy potentsial sortov pshenitsy (ozimoy, yarovoy myagkoy i yarovoy tverдой) selektsii Omskogo agrarnogo nauchnogo tsentra [Adaptive potential of wheat varieties (winter, spring soft and spring durum) of bred at the Omsk Agrarian Research Center Achievements of Science and Technology of AIC] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. Vol. 34. No. 10. Pp. 9–15. (In Russian.)

5. Yan-Lei D., Yue X., Ting C., Anten N.P.R., Weiner J., Xinmao L., Turner N. C., Yi-Min Z., Feng-Min L. Yield components, reproductive allometry and the tradeoff between grain yield and yield stability in dryland spring wheat [e-resource] // *Field Crops Research*. 2020. Vol. 257. Article number 107930. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107930. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429020312144> (date of reference: 15.04.2022).
6. Owusu G. A., Nyadanu D., Owusu-Mensah P., Adu Amoah R., Amissah S., Danso F. C. Determining the effect of genotype $\times$ environment interactions on grain yield and stability of hybrid maize cultivars under multiple environments in Ghana [e-resource] // *Ecological Genetics and Genomics*. 2018. Vol. 9. Pp. 7–15. DOI: 10.1016/j.egg.2018.07.002. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405985418300028> (date of reference: 15.04.2022).
7. Ahakpaz F., Abdi H., Neyestani E., Hesami A., Mohammadi B., Mahmoudi K. N., Abedi-Asl G., Noshabadi M. R. J., Ahakpaz F., Alipour H. Genotype-by-environment interaction analysis for grain yield of barley genotypes under dryland conditions and the role of monthly rainfall [e-resource] // *Agricultural Water Management*. 2021. Vol. 245. Article number 106665. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106665. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377420322095> (date of reference: 15.04.2022).
8. Torop A. A., Tchaykin V. V., Torop E. A., Kuz'menko S. A. Prakticheskoye ispol'zovaniye v selektsii ozimoy rzhki sposobov, pozvolyayushchikh sochetat' v sorte vysokuyu urozhaynost' i adaptivnost' k usloviyam sredy [Practical use in winter rye breeding of methods that allow combining high yield and adaptability to environmental conditions in a variety] // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020. Vol. 34. No. 3. Pp. 33–35. (In Russian.)
9. Kil'chevskiy A. V., Khotyleva L. V. *Ekologicheskaya selektsiya rasteniy* [Ecological plant breeding]. Minsk: Teknologia, 1997. 372 p. (In Russian.)
10. Rybas' I. A. Povysheniye adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur [e-resource] [Increasing adaptability in crop breeding] // *Agricultural Biology*. 2016. No. 5. Pp. 617–626. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-adaptivnosti-v-selektsii-zernovykh-kul'tur> (date of reference: 06.04.2022). (In Russian.)
11. Grabovets A. I., Phomenko M. A. Stabil'nost' urozhayev v shirokom diapazone sred – osnovnoy parametr pri selektsii ozimoy pshenitsy [Yield stability in a wide range of environments is the main parameter in winter wheat breeding] // *Russian Agricultural Sciences*. 2020. No. 5. Pp. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262720050014. (In Russian.)
12. Vasil'ev A. A., Dergileva T. T., Dergilev V. P. Otsenka adaptivnogo potentsiala belorusskikh sortov kartofelya v usloviyakh Chelyabinskoy oblasti [Assessment of the adaptive potential of Belarusian potato varieties in the Chelyabinsk region conditions] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 4 (207). Pp. 17–23. (In Russian.)
13. Rozhmina T. A., Zhuchenko A. A. jr., Rozhmina N. Yu., Kiseleva T. S., Gerasimova E. G. Novyye istochniki selektsionno-znachimyykh priznakov l'na, adaptirovannyye k usloviyam Tserntal'nogo Nechernozem'ya [New sources of selection-significant traits of flax, adapted to the conditions of the Central Non-Black Earth Region] // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020. Vol. 34. No. 8. Pp. 20–55. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10808. (In Russian.)
14. Kil'chevskiy A. V., Khotyleva L. V. Metod otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differentsiruyushchey sposobnosti sredy. Soobshcheniye 2. Chislovoy primer i obsuzhdeniye [Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment. Message 2. Numerical example and discussion] // *Genetika*. 1985. Vol. XXI. No. 9. Pp. 1491–1498. (In Russian.)
15. Litvinova M. K., Mechkov A. V., Pustovalova S. V. Metodicheskoye posobiye dlya vypolneniya uchebnykh zanyatiy i samostoyatel'noy raboty po selektsii ovoshchnykh kul'tur po teme "Adaptivnyy podkhod k semenovodstvu" [Guideline for the implementation of training sessions and independent work on the vegetable crops selection on the topic "Adaptive approach to seed production"]. Michurinsk: Izdatel'stvo Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2005. 19 p. (In Russian.)
16. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Otsenka ekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Assessment of ecological plasticity and stability of crop varieties] // *Agricultural Biology*. 1984. No. 4. Pp. 109–113. (In Russian.)
17. Khangil'din V. V. O printsipakh modelirovaniya sortov intensivnogo tipa [On the principles of modeling varieties of intensive type / Genetics of quantitative traits of agricultural plants] // *Genetika kolichestvennykh priznakov sel'skokhozyaystvennykh rasteniy*. Moscow, 1978. Pp. 111–116. (In Russian.)
18. Tuktarova N. G., Kuryleva A. G., Zhirnykh S. S., Torbina I. V. Ozimyye zernovyye kul'tury v Udmurtskoy Respublike: monografiya [Winter grain crops in the Udmurt Republic: monograph]. Izhevsk: OOO PKF "Bukva", 2017. 124 p. (In Russian.)
19. Torbina I. V., Fardeeva I. R. Adaptivnost' kollektsionnykh obraztsov ozimoy pshenitsy k usloviyam Srednego Predural'ya [Adaptability of collection samples of winter wheat to the conditions of the Middle Cis-Urals] // *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2021. No. 2 (62). Pp. 43–49. (In Russian.)

20. Torbina I. V., Fardeeva I. R. Ozimaya pshenitsa selektsii Udmurtskogo NIISKh UdmFITs UrO RAN v konkursnom sortoispytanii [Winter wheat of the selection of the Udmurt Research Agricultural Institute of the UdmFRC UB RAS in competitive variety testing] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy, 2020. No. 3. Pp. 5–16. DOI: 10.26897/0021-342X-2020-3-5-16. (In Russian.)
21. Sheshegova T. K. Sozdaniye iskhodnogo materiala dlya selektsii ozimoy rzhi na ustoychivost' k vyprevaniyu v Severo-Vostochnoy chasti Nechernozemnoy zony Rossii: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [Creation of initial material for selection of winter rye for resistance to damping-out in the North-Eastern part of the Non-Chernozem zone of Russia: abstract of the dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Saint Petersburg, 1993. 19 p. (In Russian.)
22. Kuryleva A. G., Kurylev M. V., Phatyhov I. Sh. Monitoring rasprostraneniya osnovnykh bolezney ozimyykh zernovykh kul'tur v Udmurtskoy Respublike [Monitoring the spread of the main diseases of winter crops in the Udmurt Republic] // Intellektual'nyy vklad tyurkoyazychnykh uchenykh v sovremennuyu nauku: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 30-letiyu Tatarskogo obshchestvennogo tsentra Udmurtii. Izhevsk, 2021. Pp. 324–327. (In Russian.)
23. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Ilalova L. V. Fitosanitarnyy monitoring naiboleye vredonosnykh bolezney ozimoy rzhi v Respublike Tatarstan [Phytosanitary monitoring of the most harmful diseases of winter rye in the Republic of Tatarstan] // Bulletin of KrasGAU. 2019. No. 9 (150). Pp. 27–34. (In Russian.)
24. Potapova G. N., Galimov K. A., Zobnina N. L. Produktivnost' i adaptivnost' sortov ozimoy rzhi na Srednem Urale [Productivity and adaptability of winter rye varieties in the Middle Urals] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. Vol. 34. No. 10. Pp. 28–33. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11004. (In Russian.)
25. Kovalenko S. A., Kaduchkina V. P., Birukova O. V. Steklovidnost' zerna yarovoy tverdoy pshenitsy v usloviyakh severa Rostovskoy oblasti [e-resource] [Vitreousness of grain of spring durum wheat in the conditions of the north of the Rostov region] // Legumes and Groat Crops. 2021. No. 1 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/steklovidnost-zerna-yarovoy-tverdoy-pshenitsy-v-usloviyah-severa-rostovskoy-oblasti> (date of reference: 25.03.2022). (In Russian.)

Author's information:

Irina V. Torbina, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-9314-0605, AuthorID 624199; +7 950 178-98-34, torbinaiv@udman.ru

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

Аккумуляция тяжелых металлов представителями родового комплекса *Iris* L.

Л. Ф. Бекшенева¹, А. А. Реут^{1✉}

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

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

Аннотация. Техногенная эмиссия тяжелых металлов (ТМ) приводит к их накоплению и миграции в системе «почва – растение». Среди компонентов озеленения, подвергающихся воздействию токсикантов, значительное место занимают травянистые многолетники. **Цель исследований** – изучение аккумуляции и распределения элементов I класса опасности в растениях рода *Iris* L. **Методы.** Исследования проводили в 2020–2021 гг. на базе Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. Объекты исследований: почва участка и органы растений (*Iris orientalis*, *I. pseudacorus*, *I. sibirica*, *I. spuria subsp. carthaliniae*). Элементный состав определяли атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией. **Научная новизна.** Впервые распределение поллютантов оценивали с использованием коэффициента биологического поглощения (КБП) и суммарной кумуляции в органах. **Результаты.** Показано, что содержание подвижных форм ТМ в почве не превышает ПДК и составляет в среднем: Cd – 0,03, As – 0,59, Pb – 0,48 мг/кг. Выявлено, что распределение кадмия по органам зависит от вида: возможна как базипетальная (*I. orientalis*), так и акропетальная аккумуляция элемента (*I. spuria subsp. carthaliniae*). Накопление в надземных органах превышает кумуляцию в корнях от 1,4 до 7,5 раза. Показано, что корни *I. orientalis*, *I. pseudacorus*, *I. spuria subsp. carthaliniae* выполняют барьерную функцию и аккумулируют мышьяк в количествах, превышающих ПДК. Корневая система *I. sibirica* не препятствует поступлению токсиканта, сосредоточенному в генеративных органах в концентрации превышающей ПДК. Определено, что КБП мышьяка в листьях всех видов меньше 1. Поглощение свинца не зависит от видов, что подтверждается близкими суммарными значениями элемента, схожим распределением по органам, а также стабильно высокими КБП. Выявлена преимущественно надземная концентрация поллютанта. Результат регрессионного анализа показал, что содержание подвижной формы свинца в почве не влияет на его аккумуляцию в листьях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, металлоиды, свинец, кадмий, мышьяк, *Iris* L., ПДК, коэффициент биологического поглощения, коэффициент транслокации.

Для цитирования: Бекшенева Л. Ф., Реут А. А. Аккумуляция тяжелых металлов представителями родового комплекса *Iris* L. // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 49–57. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-49-57.

Дата поступления статьи: 12.04.2022, **дата рецензирования:** 29.04.2022, **дата принятия:** 16.05.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) – серьезная проблема крупных городов. Поступление ТМ в почвенный покров определяет их миграцию в грунтовые воды и доступность для растений. Изучение ТМ в системе «почва – растение» позволяет оценить их накопление в растениях и отдельных органах, установить роль растений в самоочищающейся способности урбоэкосистем [1, с. 47].

Поглощение элементов зависит от ряда причин: видовой принадлежности растения, биодоступно-

сти самого элемента, агротехнологий [2, с. 105]. Исследователи отмечают зависимость между концентрацией ТМ в субстрате и растительных тканях. Чаще наблюдается прямая зависимость содержания тяжелых металлов в растениях от содержания их подвижных форм в почве, поскольку именно подвижные, а не валовые формы доступны растениям [3, с. 73]. По литературным данным, поступление и распределение ТМ по органам растений происходит таким образом, что корень берет на себя основные концентрирующие функции, осуществляя «эффект задержания» [4, с. 38].

Поллютанты первого класса опасности (кадмий, мышьяк, свинец) в относительно низких концентрациях наиболее токсичны для живых организмов, включая растения. Воздействие кадмия на растительные клетки носит мутагенный характер, вызывая нарушения митоза и структурные повреждения хромосом [5, с. 14]. Исследователи отмечают видовые особенности в накоплении и распределении по растительным органам кадмия. У лиственных деревьев наибольшие концентрации кадмия отмечаются в корнях [6, с. 178]. Пастбищные растения характеризуются максимальным содержанием кадмия в корнях, однако степень концентрации элемента отличается у разных видов и была выше у злаковых трав, чем у донника лекарственного и лебеды раскидистой [3, с. 72]. Из семейства ирисовых способность к накоплению кадмия показал *Iris lactea var. chinensis*, имеющий Cd-толерантные гены [7].

Предшествующими исследованиями установлено, что мышьяком наиболее обогащаются листья и корни растений [3, с. 74], отмечены значительные внутри- и межвидовые различия в способности растений к биоаккумуляции мышьяка. В исследованиях с *Hemerocallis hybrida*, произрастающим на культуроземе ЦСБС СО РАН, содержание мышьяка в листьях разных сортов составило 0,02 мг/кг, в корневищах – 0,04–0,09 мг/кг [8, с. 247]. Выращенные на культуроземе Южного Урала *Camassia cusickii* и сорта рода *Narcissus* обладают способностью к накоплению мышьяка, превышающего нормы ПДК как в луковицах, так и в листьях, причем концентрация токсиканта в надземных и подземных органах сортоспецифична [9].

До настоящего времени выявить биологическую роль свинца в метаболизме растений не удалось, хотя он и обнаруживается во всех растительных организмах [10, с. 61]. Содержание свинца в органах *Hemerocallis hybrida*, выращенных на культуроземе в Новосибирске, составило 1,0–2,0 мг/кг, причем распределение по корневищам и листьям было неравнозначным у разных сортов [8, с. 248]. Исследователи сообщают о преимущественном накоплении свинца в листьях сортов садовой земляники, что может объясняться дополнительным фолиарным поглощением элемента из атмосферы [11, с. 143]. Подобный вариант распределения свинца обнаружен для большинства сортов рода *Narcissus* – элемент концентрируется в надземных органах. Эта закономерность не распространяется на сорт Arctic Gold, а также на вид *Camassia cusickii*, которые аккумулируют поллютант в луковицах [9].

Выяснение способов аккумуляции тяжелых металлов разными видами растений имеет практическое значение для комплексной оценки состояния почвенно-растительного покрова, выявления

растений-индикаторов, исключителей и гипераккумуляторов, организации своевременных мероприятий по восстановлению ландшафтов. С этой точки зрения особенное внимание следует уделить накоплению поллютантов в органах декоративных травянистых многолетников, занимающих определенную экологическую нишу в озеленении населенных пунктов.

Цель исследований – изучение аккумуляции и распределения элементов I класса опасности (мышьяк, кадмий, свинец) в почве и декоративных травянистых многолетников рода *Iris* L.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в вегетационный период 2020–2021 гг. на опытном участке лаборатории интродукции и селекции цветочных растений Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН), расположенного в юго-восточной части г. Уфы в междуречье рек Уфы и Сутолоки.

Территория относится к Предуральской лесостепной провинции лесостепной зоны. Почвы на опытном участке серые лесные, типичные для региона. Содержание гумуса – 5,7 % (по Тюрину), нитратного азота – 1,7 мг/кг (ГОСТ Р 53219-2008), фосфора – 140,9 мг/кг (по Чирикову), калия – 145 мг/кг (по Чирикову); pH сол. – 6,33.

Регион характеризуется умеренно-континентальным климатом. В период проведения исследований метеоусловия варьировали по сравнению со среднегодовыми значениями (таблица 1). Характеристики рассчитывались по материалам архива погоды сайта <http://www.pogodaiklimat.ru>.

Весна 2020 года была ранней. В целом год характеризовался нормой по количеству выпавших осадков, однако в начале вегетации (в мае и июне) наблюдался недостаток по ним, тогда как в августе их выпало на 79,3 % больше нормы. Особенностью года являлась высокая средняя температура, превышающая норму на 1,7 °C. Июль был экстремально жарким, температура достигала отметки в 40 °C в течение двух недель.

Погодные условия 2021 года характеризовались жарким и засушливым вегетационным периодом – с апреля по август количество осадков было значительно меньше нормы (–185 мм), тогда как фактические температуры этих месяцев отклонялись от нормы в сторону увеличения на +4,8 °C в мае, +2,8 °C в июне, +0,9 °C в июле, +3,8 °C в августе. Среднегодовая температура превысила норму на 1,4 °C.

Объектами исследования являлись почва опытного участка и органы растений рода *Iris* L. (корни, листья, цветоносы, цветки и семена). Изучаемые многолетники интродуцированы на террито-

рии ЮУБСИ УФИЦ РАН. Виды *I. orientalis* Mill. и *I. spuria subsp. carthaliniae* (Fomin) B. Mathew не произрастают в лесостепной зоне Башкирского Предуралья, виды *I. pseudacorus* L. и *I. sibirica* L. являются аборигенными. Экологические характеристики видов приведены согласно литературным источникам [12, с. 52].

I. orientalis Mill. – касатик восточный. Ксеромезофит. Родина ириса – Юго-Восточная Европа и Малая Азия, встречается в дельтах рек и болот, на окраинах лесных массивов и лугах.

I. pseudacorus L. – касатик ложноаирный. Гидрофит. Произрастает в Европе, на Кавказе, в Западной Сибири, Северной Африке и Малой Азии по мелководьям рек, озер, болот. Занесен в Красную книгу РБ с категорией редкости 2 – вид, сокращающийся в численности [13, с. 364].

I. sibirica L. – касатик сибирский. Мезофит. Распространен от Европы и Кавказа до Западной и Средней Сибири, в Армении, Казахстане, Центральной Азии на пойменных и лесных лугах, по лесным опушкам и березовым колкам.

I. spuria subsp. carthaliniae (Fomin) B. Mathew – касатик ложный карталинский. Гидромезофит. Эндемик восточной части Кавказа. Распространен по берегам ручьев и каналов, на влажных лугах, в лесах и у прибрежных участков дорог.

С опытного участка в течение двух лет отбирали объединенную пробу почвы, состоящую из

25 точечных заборов. Глубина отбора составляла 1–25 см, масса объединенной пробы – 1 кг за два года исследований. В образцах почвы определяли подвижные формы трех химических элементов, относящихся к I классу опасности (As, Cd, Pb). Извлечение и определение металлов проводили согласно методике [14, с. 73], мышьяка – согласно [15].

Образцы растений (органы) отбирали в соответствующей фазе развития: цветения (цветы и цветоносы), плодоношения (плоды), вторичной фазе вегетации (листья), осенний переходный период (корни). Образцы сушили при комнатной температуре и измельчали до порошкообразной фракции. Смешанную пробу сырья (50 г) составляли из 10 индивидуальных проб за каждый год исследования. Извлечение металлов и мышьяка проводили согласно методике [16, с. 11].

Элементный состав определяли атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией (спектрометр Shimadzu A-6800 с электротермическим атомизатором GFA EX-7) на базе аналитической лаборатории научно-исследовательского института сельского хозяйства. Повторность определения токсикантов в пробах почвы и растениях – трехкратная. Полученные значения сравнивали с нормативными данными ПДК. Математическую обработку выполняли в программах Statistica 6.1 и Microsoft Office Excel 2007.

Таблица 1
Погодные условия в вегетационные периоды 2020–2021 гг.

Год исследования	Месяц						За год
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
	Средняя температура воздуха, °С						
2020	6,0	14,1	16,5	22,0	16,9	11	5,5
2021	7,4	18,5	20,7	20,7	21,4	10	5,2
Среднемноголетний показатель	5,2	13,2	18,1	19,7	17,2	11,6	3,8
	Сумма осадков, мм						
2020	57	27	37	67	104	56	589
2021	26	9	20	20	0,6	50	405
Среднемноголетний показатель	33	47	67	55	58	48	590

Table 1
Weather conditions during the growing seasons 2020–2021

Year of study	Month						Per year
	April	May	June	July	August	September	
	Average air temperature, °C						
2020	6.0	14.1	16.5	22.0	16.9	11	5.5
2021	7.4	18.5	20.7	20.7	21.4	10	5.2
Average long-term indicator	5.2	13.2	18.1	19.7	17.2	11.6	3.8
	The amount of precipitation, mm						
2020	57	27	37	67	104	56	589
2021	26	9	20	20	0,6	50	405
Average long-term indicator	33	47	67	55	58	48	590

Для характеристики особенностей накопления химических элементов применяли коэффициент биологического поглощения (КБП – отношение содержания элемента в растении к содержанию его в почве, на которой произрастает данное растение) [17, с. 33].

Результаты (Results)

Представленные далее цифровые показатели являются средними за два года исследований (2020–2021 гг.). Содержание кадмия в почве иридария составляет 0,033 мг/кг и не превышает установленных норм ПДК (1 мг/кг). В наших исследованиях концентрация кадмия в различных органах исследованных видов варьирует от 0,009 до 0,052 мг/кг и не выходит за рамки ПДК для ЛРС (1 мг/кг) [18, с. 1943].

По содержанию кадмия в подземной части ирисы образуют ряд:

I. orientalis (0,05 мг/кг) > *I. spuria subsp. carthaliniae* (0,025 мг/кг) > *I. pseudacorus* (0,021 мг/кг) > *I. sibirica* (0,018 мг/кг).

Напротив, по концентрации элемента в листьях виды располагаются в следующем порядке:

I. spuria subsp. carthaliniae (0,052 мг/кг) > *I. sibirica* (0,039 мг/кг) > *I. pseudacorus* (0,021 мг/кг) > *I. orientalis* (0,012 мг/кг).

Близкородственные ирисы секции *Xyridion* различаются по способности накапливать Cd: *I. orientalis* демонстрирует ограниченное поступление металла в надземную часть (содержание элемента в корнях в 4,2 раза превышает его содержание в листьях). Для *I. spuria subsp. carthaliniae*, наоборот, отмечается повышенное содержание Cd в листьях, превышающее в 2,1 раза его содержание в корнях. Первый вид можно отнести к исключителям, а второй – к аккумуляторам данного металла [19, с. 120]. *I. sibirica* также можно отнести к видам-аккумуляторам, концентрация кадмия в листьях превышает таковую в корнях в 2,2 раза. У данного вида отсутствует физиологический барьер, препятствующий поступлению токсиканта в генеративные органы – содержание кадмия в цветах и плодах составляет 0,048 и 0,033 мг/кг соответственно. *I. pseudacorus* характеризуется практически равномерным распределением кадмия по всем органам.

Об интенсивности поглощения растениями кадмия из почвы можно судить по полученному КБП. Величины КБП для кадмия значительно варьируют от 0,27 до 1,56. Для большинства вариантов исследования «растительный орган – почва» кадмий является элементом биологического захвата (КБП < 1). Однако для нескольких вариантов – корни *I. orientalis*, листья (*I. sibirica*, *I. spuria subsp. carthaliniae*) и цветы *I. sibirica* – поллютант становится элементом биологического накопления (КБП > 1).

Мы считаем необходимым обратить особое внимание на сравнительное распределение элементов

в градиции выше, чем орган (таблица 2). Так, среди изученных видов растения *I. sibirica* занимают первое место по концентрации кадмия в целом. Интродуцированные виды секции *Xyridion* имеют равное (*I. orientalis*) или преимущественно вегетативное (*I. spuria subsp. carthaliniae*) распределение металла. У видов аборигенной флоры (*I. sibirica*, *I. pseudacorus*) суммарное содержание кадмия в генеративных органах выше, чем в вегетативных. Суммарное накопление кадмия в надземных органах всех изученных видов превышает его содержание в корнях от 1,4 (*I. orientalis*) до 7,4 (*I. sibirica*) раза.

Данные содержания подвижного мышьяка в почве показали, что на опытном участке концентрация элемента (0,59 мг/кг) не превышает ПДК для почв (2 мг/кг). Согласно Фармакопее [18, с. 1944], экологически безопасным является растительное сырье, содержащее мышьяк в количестве не более 0,5 мг/кг. В нашем исследовании содержание мышьяка в различных органах растений колеблется от 0,31 до 0,85 мг/кг. Наиболее значительные концентрации поллютанта отмечены для корней трех видов ирисов – 0,66–0,85 мг/кг, подземные органы этих видов выполняют барьерную функцию в отношении токсиканта. *I. sibirica* не накапливает мышьяк в корнях, равно как и в листьях, выше установленного ПДК, однако генеративные органы (цветоносы, цветы и семена) являются средоточием поллютанта (0,61–0,78 мг/кг), защитная функция корней в отношении элемента наименее проявлена у данного вида. В цветоносах других видов кумуляция элемента находится на границе с ПДК (0,51–0,52 мг/кг). Отмечена тенденция к накоплению мышьяка в цветах *I. spuria subsp. carthaliniae* (0,54 мг/кг) и семенах *I. pseudacorus* (0,69 мг/кг). Концентрация мышьяка в листьях исследованных растений находится в пределах установленной нормы ПДК: 0,31–0,49 мг/кг.

Расчет индексов биоаккумуляции показал, что все исследованные виды на незагрязненной почве являются растениями биологического накопления мышьяка, но с различной локализацией элемента: базипетальной – КБП > 1 в корнях *I. pseudacorus*, *I. orientalis*, *I. spuria subsp. carthaliniae* и акропетальной – КБП > 1 в генеративных органах *I. sibirica*.

Аналитический материал свидетельствует о различиях по уровню накопления мышьяка в суммарном количестве у разных видов. *I. sibirica*, как и в случае с кадмием, лидирует по содержанию элемента. Накопление мышьяка в генеративных органах *I. sibirica* в 3,65 раза превышает его аккумуляцию в вегетативных. У остальных видов различие в аккумуляции токсиканта между генеративными и вегетативными органами не превышает значений 1,05–1,35 раза. Виды также различаются по способности накапливать мышьяк в надземных и под-

земных органах при одной и той же концентрации в почве, что важно при выявлении растений-ремедиантов. Выявлено, что суммарная концентрация поллютанта в надземных органах *I. sibirica* в 5,74 раза превышает его накопление в подземных. Для *I. pseudacorus* это соотношение составило 3,06. Минимальное соотношение характерно для *I. orientalis* и *I. spuria subsp. carthaliniae* – 2,16 и 2,14 раза.

По сравнению с другими тяжелыми металлами свинец наименее подвижен, причем степень подвижности элемента сильно снижается при известковании почв [20, с. 128]. Содержание подвижных форм свинца в почве исследованного культурозема не превышает ПДК для почв (6 мг/кг) и составляет 0,48 мг/кг.

В соответствии с Фармакопеей [18, с. 1953] ПДК свинца в растениях не должна превышать 6 мг/кг. Исследования содержания элемента не выявили превышения ПДК ни в одном типе растительного сырья – концентрация свинца варьирует в пределах 0,47–0,89 мг/кг. Наибольшая аккумуляция токсиканта отмечается в листьях для всех исследованных видов (0,79–0,83 мг/кг), наименьшая – в цветах (0,51–0,57 мг/кг) и семенах (0,47–0,55 мг/кг). Средоточие элемента в корнях занимает промежуточное положение (0,54–0,69 мг/кг). В связи с этим возникает вопрос о роли корневого поступления свинца в надземную часть растений. Проведенный регрессионный анализ показал, что содержание свинца в листьях мало зависит от почвенного поступления элемента:

$$y = -0,2807x + 0,9817 (R^2 = 0,8262).$$

Это не противоречит предположению о фолларном поступлении свинца в растения, поскольку уровень загрязнения атмосферы в городе Уфа от-

носится к «высокому», исследователи отмечают рост выбросов неорганической пыли, содержащей свинец [21, с. 28].

Среди исследованных элементов – токсикантов I группы свинец стабильно имеет наиболее высокие коэффициенты биологического поглощения у всех видов, варьирующий в довольно узких пределах: для корней 1,13–1,45, для цветоносов 0,98–1,86, для листьев – 1,64–1,72, для цветов 1,07–1,20, для семян – 0,98–1,14. В данном случае такое согласованное поглощение свинца растениями свидетельствует о независимости от видовой принадлежности растения.

Исследованные виды суммарно аккумулируют свинец примерно в одинаковом количестве (таблица 2) – лишь *I. spuria subsp. carthaliniae* отличается меньшей общей концентрацией поллютанта. Вегетативные и генеративные органы этого вида ирисов содержат фактически равное количество свинца. Для других видов превышение аккумуляции в генеративных органах незначительно и не превышает значений 1,3–1,4. В случае с распределением свинца по подземным и надземным органам мы наблюдаем преимущественную концентрацию элемента в надземной части: от 3,4 (*I. spuria subsp. carthaliniae*) до 5,1 раза (*I. sibirica*).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе проведенного исследования установлено, что содержание подвижных форм тяжелых металлов и металлоида I класса опасности (мышьяк, кадмий, свинец) в почве опытного участка не превышает предельно допустимых концентраций.

Анализ растительного сырья показал, что содержание кадмия в растениях находится в пределах допустимых норм, а его распределение по органам

Таблица 2
Содержание тяжелых металлов и металлоида I класса опасности в растениях рода *Iris*, мг/кг

Вид	Содержание элемента в органах:								
	Всего растения			Вегетативных/генеративных			Надземных/подземных		
	Pb	Cd	As	Pb	Cd	As	Pb	Cd	As
<i>I. orientalis</i>	3,29	0,12	2,69	1,43/1,86	0,06/0,06	1,31/1,38	2,69/0,6	0,07/0,05	1,84/0,85
<i>I. pseudacorus</i>	3,36	0,12	2,68	1,48/1,88	0,04/0,08	1,14/1,54	2,67/0,69	0,1/0,02	2,02/0,66
<i>I. sibirica</i>	3,32	0,17	3,1	1,36/1,96	0,06/0,11	0,96/2,19	2,78/0,54	0,15/0,02	2,64/0,46
<i>I. spuria subsp. carthaliniae</i>	2,96	0,14	2,61	1,46/1,5	0,08/0,06	1,14/1,47	2,29/0,67	0,11/0,03	1,78/0,83

Table 2
The content of heavy metals and metalloid I hazard class in plants of the genus *Iris*, mg/kg

Species	The content of the element in the organs:								
	Whole plant			Vegetative/generative			Elevated/underground		
	Pb	Cd	As	Pb	Cd	As	Pb	Cd	As
<i>I. orientalis</i>	3.29	0.12	2.69	1.43/1.86	0.06/0.06	1.31/1.38	2.69/0.6	0.07/0.05	1.84/0.85
<i>I. pseudacorus</i>	3.36	0.12	2.68	1.48/1.88	0.04/0.08	1.14/1.54	2.67/0.69	0.1/0.02	2.02/0.66
<i>I. sibirica</i>	3.32	0.17	3.1	1.36/1.96	0.06/0.11	0.96/2.19	2.78/0.54	0.15/0.02	2.64/0.46
<i>I. spuria subsp. carthaliniae</i>	2.96	0.14	2.61	1.46/1.5	0.08/0.06	1.14/1.47	2.29/0.67	0.11/0.03	1.78/0.83

зависит от вида. Близкородственные виды имеют либо корневое (*I. orientalis* – 0,05 мг/кг), либо фоллиарное (*I. spuria subsp. carthalinae* – 0,05 мг/кг) распределение токсиканта. Выявлено, что аборигенные виды (*I. pseudacorus*, *I. sibirica*) аккумулируют кадмий преимущественно в генеративных органах, тогда как интродуценты (*I. orientalis*, *I. spuria subsp. carthalinae*) – в вегетативных либо в равной степени в обеих группах. Суммарное накопление кадмия в надземных органах изученных видов превышает его содержание в корнях: коэффициент транслокации варьирует от 1,4 (*I. orientalis*) до 7,5 (*I. sibirica*). Наибольшим суммарным содержанием кадмия характеризовался вид *I. sibirica* (0,17 мг/кг). Установлено, что величины КБП для кадмия сильно варьируют – от 0,27 до 1,56. Поллютант является элементом биологического накопления для корней *I. orientalis*, листьев (*I. sibirica*, *I. spuria subsp. carthalinae*) и цветов (*I. sibirica*).

Показано, что на незагрязненной почве корни *I. orientalis*, *I. pseudacorus*, *I. spuria subsp. carthalinae* выполняют барьерную функцию и аккумулируют мышьяк в количествах, превышающих ПДК (0,67–0,85 мг/кг). Корневая система *I. sibirica* не препятствует поступлению токсиканта, который сосредотачивается в генеративных органах в концентрации, превышающей ПДК (0,61–0,78 мг/кг). Выявлено, что лидером по суммарному содержа-

нию элемента также является *I. sibirica* (3,1 мг/кг). Определено, что коэффициент биологического поглощения мышьяка в листьях всех видов меньше 1, что ограничивает возможность использования исследованных видов в качестве фиторемедиантов токсиканта.

Поглощение свинца не зависит от видовой принадлежности растений, что подтверждается близкими суммарными значениями элемента, схожим распределением по органам, а также стабильно высокими коэффициентами биопоглощения. Выявлена преимущественно надземная концентрация поллютанта, превышающая аккумуляцию в корнях в 3,4–5,1 раза. Согласно данным регрессионного анализа, содержание подвижной формы свинца в почве не влияет на его аккумуляцию в листьях, что подтверждает вероятность поступления токсиканта в растения фоллиарным путем.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № FMRS-2022-0072.

Библиографический список

1. Реут А. А., Денисова С. Г. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в сырье некоторых представителей рода *Paeonia* L. // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 45–55. DOI: 10.32417/1997-2021-214-11-45-55.
2. Шабанова И. В., Нецадим Н. Н. Влияние агротехнологий на содержание тяжелых металлов в почве и качество зерна озимого ячменя // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 1 (17). С. 103–111. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-103-111.
3. Белозубова Н. Ю., Зубкова В. М., Реуцкая В. В. Поступление свинца, кадмия и мышьяка в пастбищные растения в условиях Волгоградской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (139). С. 71–76.
4. Битюцкий Н. П. Микроэлементы высших растений. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2020. 368 с.
5. Башмакова Е. Б. Физиологические механизмы адаптации растений мимулюса крапчатого (*Mimulus guttatus* DC.) к совместному действию цинка и никеля: дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2017. 150 с.
6. Гиниятуллин Р. Х. Дифференциация деревьев в санитарно-защитных лесных насаждениях Стерлитамакского промышленного центра // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV Международной научной конференции. Екатеринбург, 2018. С. 177–180.
7. Liu Q. Q., Zhang Y. X., Wang Y. J., Wang W. L., Gu C. S., Huang S. Z., Yuan H. Y., Dhankher O. P. Quantitative proteomic analysis reveals complex regulatory and metabolic response of *Iris lactea* Pall. var. *chinensis* to cadmium toxicity [e-resource] // Journal of Hazardous Materials. 2020. Vol. 400. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420311547?via%3Dihub> (date of reference: 12.03.2022). DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123165.
8. Седельникова Л. Л., Чанкина О. В. Элементный состав вегетативных органов сортов ‘Regal Air’ и ‘Speak To Me’ *Heimerocallis hybrida* // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 245–250. DOI: 10.14258/jcprm.2020014612.
9. Reut A., Biglova A., Allayarova I. Accumulation of heavy metals in the organs of herbaceous plants [e-resource] // E3S Web of Conferences. Ser. “Actual Problems of Ecology and Environmental Management, APEEM 2021”. Mishref, 2021. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/41/e3sconf_apeem2021_02019.pdf (date of reference: 12.03.2022). DOI: 10.1051/e3sconf/202126502019.

10. Лаврищев А. В., Литвинович А. В. Стабильный стронций в агроэкосистемах. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 192 с.
11. Ветрова О. А. Агротехнические способы регулирования уровня никеля в ягодах земляники садовой // Современное садоводство. 2018. № 3. С. —146. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10318.
12. Аскерова Л. А. Экологическая валентность некоторых видов ирисов западной части Азербайджана // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 10. С. 50–55. DOI: 10.33619/2414-2948/47/06.
13. Красная книга Республики Башкортостан: в 2 т. Т. 1: Растения и грибы / Под ред. д-ра биол. наук В. Б. Мартыненко. Москва: Студия онлайн, 2021. 392 с.
14. Троц Н. М., Прохорова Н. В., Троц В. Б., Ахматов Д. А., Чернякова Г. И., Горшкова О. В., Виноградов Д. В., Костин Я. В. Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. 220 с.
15. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. М-МВИ-80-2008 [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, 2008. URL: <https://files.stroyinf.ru> (дата обращения: 10.01.2022).
16. Методика количественного химического анализа. Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией. № М-02-1009-08 [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, 2009. 20 с. URL: <https://analit-spb.ru> (дата обращения: 12.01.2022).
17. Жуйков Д. В. Сера и микроэлементы в агроценозах (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 32–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11105.
18. ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Т. II. Москва, 2018. С. 1815–3262.
19. Festin E. S., Salk C., Tigabu M., Syampungani S., Oden P. C. Biological traits of tropical trees suitable for restoration of copper-polluted lands // Ecological Engineering. 2019. No. 138. Pp. 118–125. DOI: 10.1016/j.eco-leng.2019.07.
20. Байботаева А. Д., Кенжалиева Г. Д., Босак В. Н. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 126–130.
21. Бактыбаева З. Б., Сулейманов Р. А., Валеев Т. К., Рахматуллин Н. Р., Степанов Е. Г., Давлетнуров Н. Х. Эколого-гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих территориях Республики Башкортостан и состояние здоровья населения // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 2 (323). С. 26–32.

Об авторах:

Лилия Файзиевна Бекшенева¹, младший научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, ORCID 0000-0002-2506-4559, AuthorID 1039806; +7 917 413-21-68, flowers-ufa@yandex.ru
 Антонина Анатольевна Реут¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, cvetok.79@mail.ru

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

Accumulation of heavy metals by representatives of the generic complex *Iris* L.

L. F. Beksheneva¹, A. A. Reut¹✉

¹ South-Ural Botanical Garden-Institute – the separate structural subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: flowers-ufa@yandex.ru

Abstract. Technogenic emission of heavy metals (HM) leads to their accumulation and migration in the “soil – plant” system. Herbaceous perennials occupy a significant place among the landscaping components exposed to toxicants. **The purpose of the research** is to study the accumulation and distribution of elements of hazard class I in plants of the genus *Iris* L. **Methods.** The research was carried out in 2020–2021 on the basis of the South-Ural

Botanical Garden-Institute UFRC RAS. Objects of study: soil of the site and plant organs (*Iris orientalis*, *I. pseud-acorus*, *I. sibirica*, *I. spuria* subsp. *carthaliniae*). The elemental composition was determined by the atomic absorption method with electrothermal atomization. **Scientific novelty.** For the first time, the distribution of pollutants was evaluated using the biological absorption coefficient (BAC) and total cumulation in organs. **Results.** It has been shown that the content of mobile forms of HM in the soil does not exceed the MPC and averages: Cd – 0.03, As – 0.59, Pb – 0.48 mg/kg. It was found that the distribution of cadmium in organs depends on the species: both basipetal (*I. orientalis*) and acropetal accumulation of the element (*I. spuria* subsp. *carthaliniae*) are possible. Accumulation in above-ground organs exceeds cumulation in roots from 1.4 to 7.5 times. It was shown that the roots of *I. orientalis*, *I. pseudacorus*, *I. spuria* subsp. *carthaliniae* perform a barrier function and accumulate arsenic in amounts exceeding the MPC. The root system of *I. sibirica* does not prevent the entry of the toxicant, which is concentrated in the generative organs at a concentration exceeding the MPC. It was determined that the BAC of arsenic in the leaves of all species is less than 1. Lead uptake is species-independent, as evidenced by close total elemental values, similar organ distribution, and consistently high MPC. A predominantly above-ground concentration of the pollutant was revealed. The result of the regression analysis showed that the content of the mobile form of lead in the soil does not affect its accumulation in the leaves.

Keywords: heavy metals, metalloid, lead, cadmium, arsenic, *Iris* L., MPC, biological absorption coefficient, translocation coefficient.

For citation: Beksheneva L. F., Reut A. A. Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov predstavatelyami rodovogo kompleksa *Iris* L. [Accumulation of heavy metals by representatives of the generic complex *Iris* L.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 49–57. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-49-57. (In Russian.)

Date of paper submission: 12.04.2022, **date of review:** 29.04.2022, **date of acceptance:** 16.05.2022.

References

1. Reut A. A., Denisova S. G. Sravnitel'nyy analiz soderzhaniya tyazhelykh metallov v syr'ye nekotorykh predstaviteley roda *Paeonia* L. [Comparative analysis of the content of heavy metals in raw materials of some representatives of the genus *Paeonia* L.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 45–55. DOI: 10.32417/1997-2021-214-11-45-55. (In Russian.)
2. Shabanova I. V., Neshchadim N. N. Vliyaniye agrotekhnologiy na soderzhaniye tyazhelykh metallov v pochve i kachestvo zerna ozimogo yachmenya [Influence of agrotechnologies on the content of heavy metals in soil and grain quality of winter barley] // Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2019. No. 1 (17). Pp. 103–111. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-103-111. (In Russian.)
3. Belozubova N. Yu., Zubkova V. M., Reutskaya V. V. Postupleniye svintsa, kadmiya i mysh'yaka v pastbishchnyye rasteniya v usloviyakh Volgogradskoy oblasti [The uptake of lead, cadmium and arsenic by pasture plants under the conditions of the Volgograd region] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No. 5 (139). Pp. 71–76. (In Russian.)
4. Bityutskiy N. P. Mikroelementy vysshikh rasteniy [Microelements of higher plants]. Saint Petersburg: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2020. 368 p. (In Russian.)
5. Bashmakova E. B. Fiziologicheskiye mekhanizmy adaptatsii rasteniy mimulyusa krapchatogo (*Mimulus guttatus* DC.) k sovmestnomu deystviyu tsinka i nikelya: dis. ...kand. biol. nauk [Physiological mechanisms of adaptation of speckled mimulus plants (*Mimulus guttatus* DC.) to the combined action of zinc and nickel: dissertation ... candidate of biological sciences]. Moscow, 2017. 150 p. (in Russian.)
6. Giniyatullin R. Kh. Differentsiatsiya derev'yev v sanitarno-zashchitnykh lesnykh nasazhdeniyakh Sterlitamakskogo promyshlennogo tsentra [Differentiation of trees in sanitary-protective forest landings of the Sterlitamak industrial center] // Ekologiya i geografiya rasteniy i rastitel'nykh soobshchestv: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Ekaterinburg, 2018. Pp. 177–180. (In Russian.)
7. Liu Q. Q., Zhang Y. X., Wang Y. J., Wang W. L., Gu C. S., Huang S. Z., Yuan H. Y., Dhankher O. P. Quantitative proteomic analysis reveals complex regulatory and metabolic response of *Iris lactea* Pall. var. *chinensis* to cadmium toxicity [e-resource] // Journal of Hazardous Materials. 2020. Vol. 400. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420311547?via%3Dihub> (date of reference: 12.03.2022). DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123165.
8. Sedel'nikova L. L., Chankina O. V. Elementnyy sostav vegetativnykh organov sortov 'Regal Air' i 'Speak To Me' *Hemerocallis hybrida* [The elemental composition of the vegetative organs of sorts 'Regal Air' and 'Speak To Me' of *Hemerocallis hybrida*] // Chemistry of plant raw material. 2020. No. 1. Pp. 245–250. DOI: 10.14258/jcprm.2020014612. (In Russian.)
9. Reut A., Biglova A., Allayarova I. Accumulation of heavy metals in the organs of herbaceous plants [e-resource] // E3S Web of Conferences. Ser. "Actual Problems of Ecology and Environmental Management, APEEM 2021".

Mishref, 2021. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/41/e3sconf_apeem2021_02019.pdf (date of reference: 12.03.2022). DOI: 10.1051/e3sconf/202126502019.

10. Lavrishchev A. V., Litvinovich A. V. Stabil'nyy strontsiy v agroekosistemakh [Stable strontium in agroecosystems]. Saint Petersburg: Izd-vo Lan', 2019. 192 p. (In Russian.)

11. Vetrova O. A. Agrotekhnicheskiye sposoby regulirovaniya urovnya nikelya v yagodakh zemlyaniki sadovoy [Agrotechnical methods for regulating the level of nickel in garden strawberries] // Contemporary Horticulture. 2018. No. 3. Pp. 139–146. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10318. (In Russian.)

12. Askerova L. A. Ekologicheskaya valentnost' nekotorykh vidov irisov zapadnoy chasti Azerbaydzhana [Ecological valence of some species of irises of the western part of Azerbaijan] // Bulletin of Science and Practice. 2019. Vol. 5. No. 10. Pp. 50–55. DOI: 10.33619/2414-2948/47/06. (In Russian.)

13. Krasnaya kniga Respubliki Bashkortostan: v 2 t. T. 1: Rasteniya i griby [Red Data Book of the Bashkortostan Republic: in 2 volumes. Vol. 1: Plants and mushrooms] / Under the editorship of doctor of biological sciences V. B. Martynenko. Moscow: Studiya onlayn, 2021392 p. (In Russian.)

14. Trots N. M., Prokhorova N. V., Trots V. B., Akhmatov D. A., Chernyakova G. I., Gorshkova O. V., Vinogradov D. V., Kostin Ya. V. Tyazhelye metally v agrolandshaftakh Samarskoy oblasti [Heavy metals in agricultural landscapes of the Samara region]. Kinel: Samarskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2018. 220 p. (In Russian.)

15. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy doli elementov v probakh pochv, gruntov i donnykh otlozheniyakh metodami atomno-emissionnoy i atomno-absorbtsionnoy spektrometrii. M-MVI-80-2008 [Method for performing measurements of the mass fraction of elements in samples of soils, soils and bottom sediments using atomic emission and atomic absorption spectrometry methods. M-MVI-80-2008] [e-resource]. Saint Petersburg, 2008. URL: <https://files.stroyinf.ru> (date of reference: 10.01.2022). (In Russian.)

16. Metodika kolichestvennogo khimicheskogo analiza. Opredeleniye As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn i Ni v probakh pishchevykh produktov i pishchevogo syr'ya atomno-absorbtsionnym metodom s elektrotermicheskoy atomizatsiyey. No. M-02-1009-08 [Methods of quantitative chemical analysis. Determination of As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn and Ni in samples of food products and food raw materials by atomic absorption method with electrothermal atomization. No. M-02-1009-08] [e-resource]. Saint Petersburg, 2009. 20 p. URL: <https://analit-spb.ru> (date of reference: 12.01.2022). (In Russian.)

17. Zhuykov D. V. Sera i mikroelementy v agrotsenozakh (obzor) [Sulfur and microelements in agroecosystems (review)] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. Vol. 34. No. 11. Pp. 32–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11105. (In Russian.)

18. OFS.1.5.3.0009.15. Opredeleniye soderzhaniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka v lekarstvennom rastitel'nom syr'ye i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatakh. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XIV izd. T. II. [OFS.1.5.3.0009.15. Determination of the content of heavy metals and arsenic in medicinal herbal raw materials and medicinal herbal preparations. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV ed. Vol. II.]. Moscow, 2018. Pp. 1815–3262. (In Russian.)

19. Festin E. S., Salk C., Tigabu M., Syampungani S., Oden P. C. Biological traits of tropical trees suitable for restoration of copper-polluted lands // Ecological Engineering. 2019. No. 138. Pp. 118–125. DOI: 10.1016/j.ecoeng.2019.07.

20. Baybotayeva A. D., Kenzhaliyeva G. D., Bosak V. N. Tyazhelye metally v pochvakh urbanizirovannykh territoriy [Heavy metals in the soils of urban areas] // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019. No. 4. Pp. 126–130. (In Russian.)

21. Baktybayeva Z. B., Suleymanov R. A., Valeev T. K., Rakhmatullin N. R., Stepanov E. G., Davletnurov N. Kh. Ekologo-gigiyenicheskaya otsenka zagryazneniya atmosfernogo vozdukha na nefte dobyvayushchikh i neftepererabatyvayushchikh territoriyakh Respubliki Bashkortostan i sostoyaniye zdorov'ya naseleniya [Ecological and hygienic assessment of atmospheric air pollution in the oil-producing and oil-refining territories of the Republic of Bashkortostan and the state of health of the population] // Public Health and Life Environment. 2020. No. 2 (323). Pp. 26–32. (In Russian.)

Authors' information:

Liliya F. Beksheneva¹, junior researcher of the laboratory for the introduction and selection of floral plants, ORCID 0000-0002-2506-4559, AuthorID 1039806; +7 917 413-21-68, flowers-ufa@yandex.ru

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

¹South-Ural Botanical Garden-Institute – the separate structural subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Получение растений-регенерантов озимой мягкой пшеницы с использованием метода культуры пыльников

Н. В. Калинина¹✉, Д. М. Марченко¹

¹ Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

✉ E-mail: kalinina74783@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – оценить влияние условий культивирования и генотипа образцов озимой мягкой пшеницы на образование эмбриогенного каллуса и регенерационную способность, получить растения-регенеранты для создания нового исходного материала в селекции новых сортов. **Научная новизна.** Определена доля влияния индукционных питательных сред различного состава и генотипа на выход растений-регенерантов озимой пшеницы в культуре пыльников, выявлены новые образцы с высоким регенерационным потенциалом. **Методы.** Объектом исследований были растения-доноры озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) поколения F₃ из селекционных питомников отдела озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской»: 13 гибридных комбинаций лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа. В работе использовался метод получения гаплоидов в культуре пыльников *in vitro*, который включал следующие методики: стерилизация при проведении работ с *in vitro*; приготовление питательных сред; отбор и предобработка растительных эксплантов; определение стадии развития микроспор; выделение и посадка пыльников на индукционную питательную среду; регенерация растений из каллусных тканей. **Результаты.** Установлены наиболее благоприятные для индукции андрогенеза *in vitro* питательные среды. Зафиксирован максимальный процент новообразований из пыльников озимой мягкой пшеницы у образца Вольница × Герда. Получено наибольшее количество зеленых растений-регенерантов гаплоидов из пыльцевого каллуса у образцов Вольница × Герда, Капитан × Вольный Дон. Выявлено, что вклад генотипа и питательной среды в количество новообразований и регенерацию зеленых растений был статистически достоверным.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, гибридная комбинация, культура пыльников, андрогенез, искусственная питательная среда, новообразование, растение-регенерант.

Для цитирования: Калинина Н. В., Марченко Д. М. Получение растений-регенерантов озимой мягкой пшеницы с использованием метода культуры пыльников // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 58–67. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-58-67.

Дата поступления статьи: 24.03.2022, **дата рецензирования:** 04.04.2022, **дата принятия:** 15.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Для увеличения генетического разнообразия и ускорения селекционного процесса в селекции пшеницы в настоящее время применяют методы культивирования *in vitro*. Практический интерес для селекции представляет получение гаплоидов. Путем диплоидизации гаплоидов можно достигнуть гомозиготности по всем признакам, в случае удачной комбинации хромосом полученные константные формы у самоопылителей могут стать родоначальниками новых сортов, а у перекрестников – линий, необходимых для производства высокогетерозисных гибридов [1, с. 14; 2, с. 88; 3, с. 35].

Необходимость проведения таких работ связана с тем, что в процессе длительной селекции, ориентированной на высокую продуктивность и

качество, произошло сильное по сравнению с дикорастущими сородичами обеднение генофонда культурных растений по генам, контролирующим признаки устойчивости к биотическим (вредителям и возбудителям болезней) и разным абиотическим факторам. Например, сорта мягкой пшеницы, в том числе возделываемые в разных регионах, стали однотипными по основным генам, ответственным за устойчивость к грибным патогенам. Развитие вирулентных патотипов грибов приводит к быстрому их распространению и масштабному поражению сортов. Кроме того, изменения климата, воздействие техногенных и антропогенных факторов приводят к изменениям условий выращивания культур, что требует создания сортов, устойчивых ко многим абиотическим стрессам, в том числе к засухе, за-

топлению, высоким и низким температурам, засолению и т. п. [4, с. 60; 5, с. 43; 6, с. 4].

Для получения дигаплоидных линий используют методы культивирования пыльников, изолированных микроспор, завязей и семяпочек и скрещивания с гаплопродюсерами. В работе с озимой мягкой пшеницей и ее гибридами наиболее часто используют методы культивирования пыльников и микроспор, предусматривающие создание условий для андрогенеза *in vitro*. Этот метод позволяет получать новые формы пшеницы в кратчайшие сроки и без привлечения больших площадей. В настоящее время в мире технология культивирования изолированных пыльников является неотъемлемой частью процесса селекции пшеницы. Однако, несмотря на положительные результаты, многие проблемные вопросы все еще остаются нерешенными [7, с. 154; 8, с. 2967; 9, с. 6].

Универсальная для зерновых культур технология получения гаплоидных растений в культуре пыльников отсутствует, поскольку существует множество факторов, влияющих на эффективность андрогенетической индукции. Успех в регенерации дигаплоидов в основном зависит от генотипа растений-доноров. Это также определяется условиями их выращивания, типом и длительностью воздействия стресса, условиями культивирования, особенно видом индукционной среды – содержанием в ней гормонов и взаимодействием между всеми этими факторами. Кроме этого, многие генотипы пшеницы, особенно при случайном отборе, плохо отзываются на культивирование *in vitro*. В частности, наблюдается низкая регенерация зеленых растений,

связанная либо с альбинизмом, либо с полным ее отсутствием [10, с. 15; 11, с. 9285; 12, с. 130].

Эффективность данного метода оценивается по частоте получения жизнеспособных зеленых растений, из которых в конечном счете будут получены необходимые для дальнейшей работы дигаплоидные линии. Известно, что 40–70 % генотипов мягкой пшеницы способны к регенерации растений с частотой 0,4–3,6 %. Это обусловлено тем, что каждый из основных этапов андрогенеза: образование каллусов/эмбриоидов, регенерация, развитие зеленых и альбиносных проростков – находится под влиянием ядерного генома и цитоплазмы [13, с. 858; 14, с. 23; 15, с. 131].

Исследования, направленные на выявление образцов озимой мягкой пшеницы с высоким регенерационным потенциалом в культуре пыльников *in vitro* и вовлечение их в создание нового селекционного материала являются актуальными.

Цель исследования – оценить влияние условий культивирования и генотипа образцов озимой мягкой пшеницы на образование эмбриогенного каллуса и регенерационную способность, получить растения-регенеранты для создания нового исходного материала в селекции новых сортов.

Методология и методы исследования (Methods)

В эксперименте были исследованы растения-доноры озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) поколения F₃. Растительный материал был получен из селекционных питомников отдела озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской»: 13 гибридных комбинаций лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного

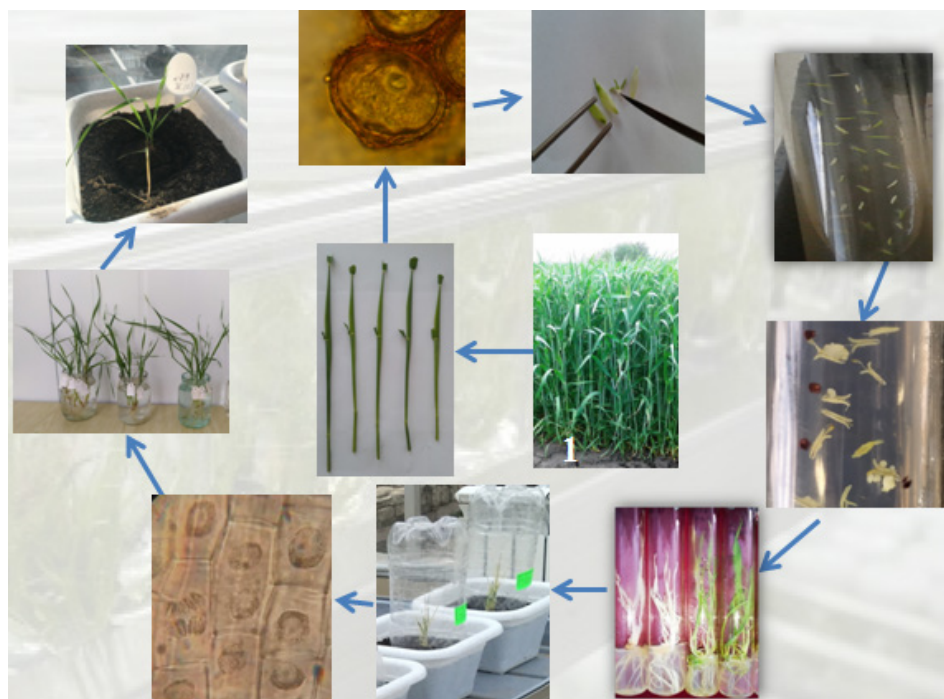


Рис. 1. Получение растений-регенерантов озимой мягкой пшеницы
Fig. 1. Development of regenerated plants of winter bread wheat

типа (Капитан × Амбар, Вольница × 586/13, Сват × Аксинья, Собербаш × 1408/15, Вольница × Сват, 273/16 × Шеф, Вольница × Герда, Гигант × Краса Дона, Лилит × Алексеич, Вольница × Донская степь, 586/13 × Алексеич, Велена × Лидия, Капитан × Вольный Дон).

Основной отбор побегов с колосьями для посадки пыльников проводили в утренние часы в ясную сухую погоду. Побег, у которых влажище предпоследнего листа (последний лист флаговый) находилось на уровне центральной части колоса (± 1 см), срезали на уровне почвы без повреждения последующих побегов. Местоположение колоса в листовой обертке определяли вручную. Поверхность отобранных побегов обрабатывали 96-процентным этиловым спиртом, чтобы в дальнейшем повысить эффект основного стерилизующего раствора. Донорные колосья хранили в сосудах с водопроводной водой в темноте при температуре 2–4 °C в течение 7–14 дней. Перед извлечением пыльников проводили определение стадии развития микроспор под микроскопом. Из 2–3 цветков средней части колоса выделяли пыльники, помещали на предметное стекло, раздавливали. Добавляли две капли ацеткармина, нагревали над спиртовкой, оставляли для окрашивания (10–15 минут), накрывали покровным стеклом и готовый препарат исследовали. Стадию развития определяли по форме микроспор, по числу и расположению ядер в клетке. Подходящими для посадки являются пыльники, микроспоры которых находятся на средней и поздней одноядерной стадии развития. Колосья, содержащие одноядерные микроспоры, подвергали поверхностной стерилизации 5-процентным раствором гипохлорита натрия в течение 10 минут и затем трижды промывали стерильной дистиллированной водой.

Для культивирования растительных эксплантов использовали три среды, из которых N6, W14, NPB-99 – для индукции андрогенеза, 190-2 – для регенерации растений из пыльцевого каллуса. Все среды были твердыми агаризованными (7 г/л). Индукционные среды отличались от сред регенерации не только по содержанию макро-, микроэлементов, но и по составу и содержанию фитогормонов и углеводов.

Индукционная среда W14 была близка по содержанию макросолей к среде N6, а среда NPB-99 содержала по прописи почти в два раза меньше микроэлементов по сравнению с N6. Среда W14 была схожа со средой NPB-99 по количеству микроэлементов, кроме того, в обеих средах содержались такие микроэлементы, как молибден, медь и кобальт в отличие от среды N6. В питательной среде NPB-99 находилась глютаминовая кислота (500 мг/л), а в средах N6 и W14 – глицин (2 мг/л). В среде NPB-99 – максимальное содержание тиамина (5 мг/л) в отличие от других сред. Кроме того, в данной среде содержалось два ауксина: 2,4-Д (0,2 мг/л) и 3-ИУК

(1 мг/л). В средах N6 и W14 присутствовал один ауксин 2,4-Д (2 мг/л). Во всех трех средах было одинаковое содержание цитокининов кинетина (0,5 мг/л) и зеатина (0,05 мг/л). В питательной среде 190-2 содержались кинетин (0,5 мг/л), НУК (0,5 мг/л) и сахароза (30 г/л). Далее из колосьев выделяли пыльники и помещали в культуральные пробирки по 30 шт. на индукционную среду. Всего было высажено на индукционные питательные среды 8690 шт. пыльников. Их культивировали в термостате при температуре 25–27 °C без доступа света в течение 5–6 недель до появления новообразований. Ежедневно наблюдали за процессом роста культуры (рис. 1).

Через 5–6 недель после посадки пыльников на индукционную среду образовавшиеся структуры пересаживали на среду регенерации, размер каллусов не превышал 2 мм. Новообразования инкубировали в ростовой комнате на фитостеллажах (НЛО 79-01-00) при 24–25 °C, фотопериоде 16 ч / 8 ч (день/ночь), освещенности 3000 люкс, влажности 70 %. Ежедневно наблюдали за регенерацией растений. Инкубацию проводили около 4 недель. Полученные зеленые растения-регенеранты отправляли в пробирках в холодильник для прохождения яровизации при пониженной температуре (2–4 °C) на 40 дней.

Зеленые проростки на стадии не менее трех листьев с хорошо развитыми корнями были аккуратно высажены в вегетационные сосуды, наполненные смесью из предварительно просеянной почвы, песка и торфа (1:1:1). Для поддержания влажности их прикрывали стаканами. В течение трех недель проростки подкармливали жидкой средой MS, наполовину разбавленной водой, за это время удаляли стаканы, таким образом подготавливали растения к диплоидизации и пересадке в большие горшки (ящики) в теплицу.

Анализ результатов включал оценку влияния генотипа и питательных сред на гаплопродукционную способность, были определены следующие признаки: частота возникновения новообразований, частота регенерации зеленых растений, частота регенерации растений-альбиносов. Данные параметры были выражены в процентах. Кроме этого, был проведен двухфакторный дисперсионный анализ для определения доли влияния генотипов и состава питательной среды на выход новообразований и зеленых растений-регенерантов. Математическая и статистическая обработка данных проводилась по методике полевого опыта Б. А. Доспехова.

Результаты (Results)

В результате эксперимента из колосьев гибридных популяций F_3 лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунинтенсивного типа было извлечено и высажено на питательную среду N6 – 2930 пыльников, в среднем по 225 шт. на образец, на среду W14 – 2895 пыльников, в среднем 222 шт., на среду NPB-99 – 2865 пыльников, в среднем по 220 шт. на образец (таблица 1).

Таблица 1

Эффективность андрогенеза *in vitro* в культуре пыльников образцов озимой мягкой пшеницы на разных питательных средах, 2021 г.

Образец	Индукционная среда	Число высаженных пыльников, шт.	Количество пыльников с новообразованиями		Количество новообразований	
			Число, шт.	Частота, %	Число, шт.	Частота, %
Капитан × Амбар	N6	228	1	0,44	1	0,44
	W14	218	не обн.*	не обн.	не обн.	не обн.
	NPB-99	207	1	0,48	1	0,48
Вольница × 586/13	N6	193	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	W14	237	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	NPB-99	127	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Сват × Аксинья	N6	445	19	4,27	26	5,84
	W14	389	7	1,8	16	4,11
	NPB-99	371	1	0,27	1	0,27
Собербаш × 1408/15	N6	330	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	W14	265	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	NPB-99	407	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Вольница × Сват	N6	175	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	W14	183	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	NPB-99	383	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
273/16 × Шеф	N6	434	2	0,46	4	0,92
	W14	359	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	NPB-99	338	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Вольница × Герда	N6	117	5	4,27	8	6,84
	W14	104	15	14,42	42	40,38
	NPB-99	95	13	13,68	29	30,53
Гигант × Краса Дона	N6	183	17	9,29	36	19,67
	W14	173	16	9,25	25	14,45
	NPB-99	140	3	2,14	6	4,29
Лилит × Алексеич	N6	117	2	1,71	2	1,71
	W14	191	4	2,09	6	3,14
	NPB-99	191	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Вольница × Донская степь	N6	279	1	0,36	1	0,36
	W14	196	1	0,51	1	0,51
	NPB-99	155	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
586/13 × Алексеич	N6	119	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	W14	126	2	1,59	2	1,59
	NPB-99	98	1	1,02	1	1,02
Велена × Лидия	N6	174	1	0,57	1	0,57
	W14	229	2	0,87	2	0,87
	NPB-99	147	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Капитан × Вольный Дон	N6	136	4	2,94	12	8,82
	W14	225	9	4	15	6,67
	NPB-99	206	2	0,97	2	0,97
Сумма	N6	2930	52	24,32	91	45,18
	W14	2895	56	34,54	109	71,73
	NPB-99	2865	21	18,57	38	36,59
Средняя	N6	225,38	4	1,77	7	3,1
	W14	222,69	4,31	1,93	8,38	3,76
	NPB-99	220,38	1,62	0,73	2,92	1,32
НСР ₀₅	N6	—	3,15	—	6,73	—
	W14	—	1,51	—	3,23	—
	NPB-99	—	1,51	—	3,23	—

Примечание. * Не обнаружено отзвывивых пыльников/новообразований.

Table 1
The efficiency of androgenesis in vitro in anther culture
of winter bread wheat on various nutrient media, 2021

Sample	Induction medium	Number of planted anthers, pcs.	Number of anthers with new formations		Number of new formations	
			Number, pcs.	Frequency, %	Number, pcs.	Frequency, %
Kapitan × Ambar	N6	228	1	0.44	1	0.44
	W14	218	not found*	not found	not found	not found
	NPB-99	207	1	0.48	1	0.48
Vol'nitsa × 586/13	N6	193	not found	not found	not found	not found
	W14	237	not found	not found	not found	not found
	NPB-99	127	not found	not found	not found	not found
Svat × Aksin'ya	N6	445	19	4.27	26	5.84
	W14	389	7	1.8	16	4.11
	NPB-99	371	1	0.27	1	0.27
Soberbash × 1408/15	N6	330	not found	not found	not found	not found
	W14	265	not found	not found	not found	not found
	NPB-99	407	not found	not found	not found	not found
Vol'nitsa × Svat	N6	175	not found	not found	not found	not found
	W14	183	not found	not found	not found	not found
	NPB-99	383	not found	not found	not found	not found
273/16 × Shef	N6	434	2	0.46	4	0.92
	W14	359	not found	not found	not found	not found
	NPB-99	338	not found	not found	not found	not found
Vol'nitsa × Gerda	N6	117	5	4.27	8	6.84
	W14	104	15	14.42	42	40.38
	NPB-99	95	13	13.68	29	30.53
Gigant × Krasa Dona	N6	183	17	9.29	36	19.67
	W14	173	16	9.25	25	14.45
	NPB-99	140	3	2.14	6	4.29
Lilit × Alekseich	N6	117	2	1.71	2	1.71
	W14	191	4	2.09	6	3.14
	NPB-99	191	not found	not found	not found	not found
Vol'nitsa × Donskaya Step'	N6	279	1	0.36	1	0.36
	W14	196	1	0.51	1	0.51
	NPB-99	155	not found	not found	not found	not found
586/13 × Alekseich	N6	119	not found	not found	not found	not found
	W14	126	2	1.59	2	1.59
	NPB-99	98	1	1.02	1	1.02
Velena × Lidiya	N6	174	1	0.57	1	0.57
	W14	229	2	0.87	2	0.87
	NPB-99	147	not found	not found	not found	not found
Kapitan × Vol'nyy Don	N6	136	4	2.94	12	8.82
	W14	225	9	4	15	6.67
	NPB-99	206	2	0.97	2	0.97
Total	N6	2930	52	24.32	91	45.18
	W14	2895	56	34.54	109	71.73
	NPB-99	2865	21	18.57	38	36.59
Average	N6	225.38	4	1.77	7	3.1
	W14	222.69	4.31	1.93	8.38	3.76
	NPB-99	220.38	1.62	0.73	2.92	1.32
LSD ₀₅	N6	-	3.15	-	6.73	-
	W14	-	1.51	-	3.23	-
	NPB-99	-	1.51	-	3.23	-

Note.* No responsive anthers / new formations found.

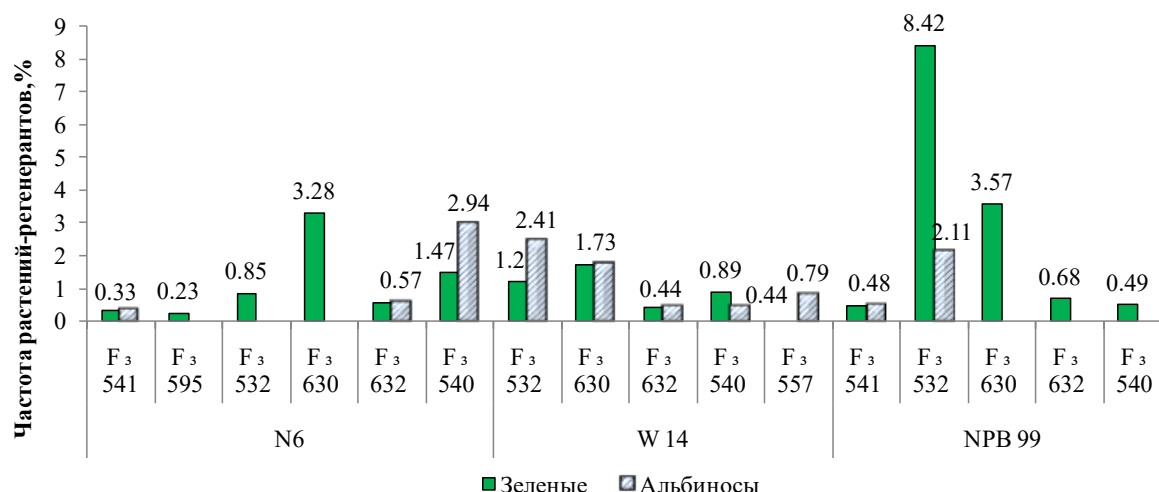


Рис. 2. Частота регенерации растений озимой мягкой пшеницы в зависимости от питательной среды и генотипа, 2021:
 F₃ 541 (Капитан × Амбар), F₃ 595 (273/16 × Шеф), F₃ 532 (Вольница × Герда), F₃ 630 (Гигант × Краса Дона),
 F₃ 632 (Велена × Лидия), F₃ 540 (Капитан × Вольный Дон), F₃ 557 (586/13 × Алексеич)

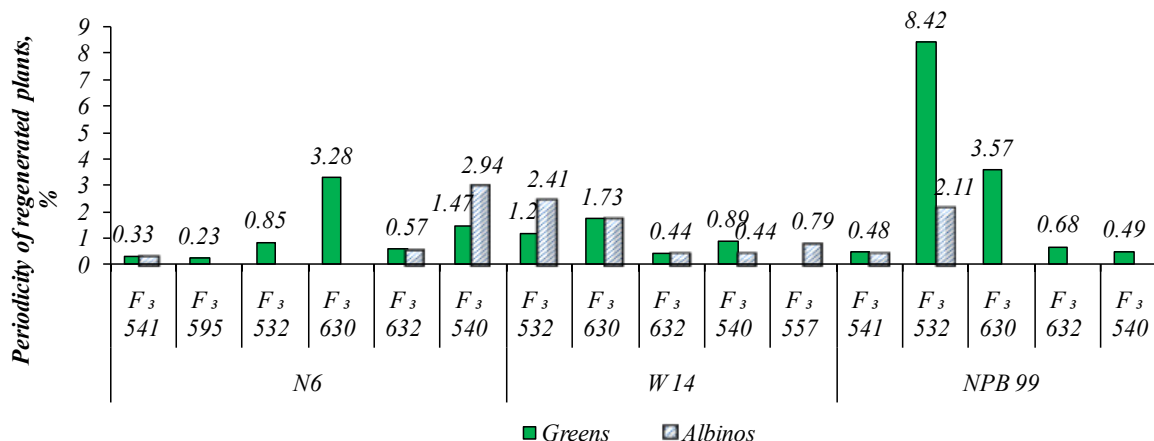


Fig. 2. Periodicity of regeneration of winter bread wheat plants depending on nutrient medium and a genotype, 2021:
 F₃ 541 (Kapitan × Ambar), F₃ 595 (273/16 × Shef), F₃ 532 (Vol'nitsa × Gerda), F₃ 630 (Gigant × Krasa Dona),
 F₃ 632 (Velena × Lidiya), F₃ 540 (Kapitan × Vol'nyy Don), F₃ 557 (586/13 × Alekseich)

Количество отзывчивых пыльников на среде N6 варьировало по гибридным комбинациям F₃ от 0 до 19 шт. (с частотой 0–4,27 %). По количеству отзывчивых пыльников выделились следующие образцы: Сват × Аксинья (19 шт. с частотой 4,27 %), Вольница × Герда (5 шт. с частотой 4,27 %), Гигант × Краса Дона (17 шт. с частотой 9,29 %), Капитан × Вольный Дон (4 шт. с частотой 2,94 %). Всего по гибридным комбинациям F₃ на среде N6 было отмечено 52 отзывчивых пыльника со средней частотой отзывчивости от числа высаженных 1,77 %.

На среде W14 количество отзывчивых пыльников варьировало по образцам от 0 до 16 шт. (с частотой 0–14,42 %). Наибольшее значение отмечено у гибридов F₃ Вольница × Герда (15 шт. с частотой 14,42%), Гигант × Краса Дона (16 шт. с частотой 9,25 %), Капитан × Вольный Дон (9 шт., с частотой 4,0 %). Всего по комбинациям F₃ на среде W14 было

отмечено 56 отзывчивых пыльников со средней частотой отзывчивости от числа высаженных 1,93 %.

Варьирование количества отзывчивых пыльников на среде NPB-99 по изучаемым образцам составило от 0 до 13 шт. (0–13,68%). По отзывчивости пыльников на каллусообразование на индукционной среде NPB-99 выделились такие гибридные комбинации F₃, как Вольница × Герда (13 шт. с частотой 13,68 %), Гигант × Краса Дона (3 шт. с частотой 2,14 %), 586/13 × Алексеич (1 шт. с частотой 1,02 %), Капитан × Вольный Дон (2 шт. с частотой 0,97 %). Всего по гибридам F₃ на среде NPB-99 был отмечен 21 отзывчивый пыльник со средней частотой отзывчивости 0,73 %.

Лучшая реакция на условия культивирования пыльников установлена на средах W14 и NPB-99 у образца Вольница × Герда (с частотой 14,42 % и 13,68% соответственно), а на среде N6 – Гигант ×

Краса Дона (9,29 %). Также перечисленные гибридные популяции проявили себя в способности к новообразованиям. У остальных образцов количество новообразований было либо ниже, либо не обнаружено.

Средний процент новообразования с учетом неотозвавшихся пыльников у образцов озимой мягкой пшеницы на среде N6 составил 3,1 %, на среде W14 – 3,76 %, на среде NPB-99 – 1,32 %. Оценка существенности частных различий по НСР₀₅ достоверно установила влияние состава питательных сред на выход новообразований у разных генотипов. Так, существенное влияние на число новообразований питательной среды N6 отмечено у гибридных популяций F₃ Сват × Аксинья (26 шт. с частотой 5,84 %), Гигант × Краса Дона (36 шт. с частотой 19,67 %). На среде W14 – Вольница × Герда (42 шт. с частотой 40,38 %), Гигант × Краса Дона (25 шт. с частотой 14,45 %), Сват × Аксинья (16 шт., с частотой 4,11 %), Капитан × Вольный Дон (15 шт. с частотой 6,67 %), на среде NPB-99 – Вольница × Герда (29 шт. с частотой 30,53 %). Всего было получено 238 новообразований, в том числе на среде N6 – 91 шт. (3,1 % от числа высаженных пыльников), W14 – 109 шт. (3,76 %), на среде NPB-99 – 38 шт. (1,32 %).

Изучаемые гибридные комбинации характеризовались различными показателями частоты образования растений-регенерантов. Максимальная частота регенерации растений из каллусов, индуцированных на среде N6, была отмечена у генотипа Гигант × Краса Дона (F₃ 630) – 3,28 % (рис. 2).

Количество альбиносных растений на этой среде было максимальным, в том числе у генотипа Капитан × Вольный Дон (F₃ 540) оно составило 2,94 %. Наибольшее число зеленых растений-регенерантов отмечено у образцов Гигант × Краса Дона (F₃ 630) – 3,28 % и Капитан × Вольный Дон (F₃ 540) – 1,47 %.

На среде W14 максимальная частота регенерации зеленых растений была у двух гибридных комбинаций: Гигант × Краса Дона (F₃ 630) – 1,73 % и Вольница × Герда (F₃ 532) – 1,2 %, а альбиносных растений – у тех же генотипов 1,73 % и 2,41 % соответственно.

Самая высокая частота регенерации зеленых растений наблюдалось после индукции пыльников на среде NPB-99 у тех же генотипов 3,57 и 8,42 % соответственно. Среди альбиносных растений выделился генотип Вольница × Герда (F₃ 532) – 2,11 %.

Для определения долей влияния главных эффектов (генотипа, питательных сред) и их взаимодействия на выход растений был проведен двухфакторный дисперсионный анализ, который позволил выявить вклад изучаемых факторов в количество новообразований и число зеленых растений-регенерантов (таблица 2).

Вклад генотипа в количество новообразований был значительным (34,55 %) и статистически достоверным ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{таб. 095}}$). То есть отзывчивость пыльников на тех или иных средах является генотипспецифическим фактором. Влияние питательной среды и эффекта взаимодействия факторов составило 27,18 % и 25,78 % соответственно, но существенные различия в опыте были лишь по питательной среде ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{таб. 095}}$).

Таблица 2
Влияние генотипа, состава питательных сред на выход новообразований и зеленых растений-регенерантов, 2021

Фактор	Количество новообразований			Число зеленых растений-регенерантов		
	Доля влияния, %	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб. 095}}$	Доля влияния, %	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб. 095}}$
Генотип	34,55	2,29	2,2	32,60	2,39	2,2
Питательная среда	27,18	5,99	4,3	41,57	6,15	4,3
Взаимодействие генотип × питательная среда	25,78	0,51	2,06	25,40	0,79	2,06
Прочие факторы	12,49	–	–	10,43	–	–

Table 2
The influence of a genotype and a composition of nutrient media on a number of new formations of green regenerated plants, 2021

Factor	Number of new formations			Number of green regenerated plants		
	Proportion of influence, %	F_{fact}	$F_{\text{tab 095}}$	Proportion of influence, %	F_{fact}	$F_{\text{tab. 095}}$
Genotype	34.55	2.29	2.2	32.60	2.39	2.2
Nutrient medium	27.18	5.99	4.3	41.57	6.15	4.3
Genotype × medium	25.78	0.51	2.06	25.40	0.79	2.06
Other factors	12.49	–	–	10.43	–	–

Прочие факторы составили 12,49 %. Значительный и достоверный вклад в формирование зеленых растений-регенерантов оказал генотип – 32,6 % ($F_{\text{факт}} > F_{\text{таб. 095}}$). Влияние фактора питательной среды было существенным ($F_{\text{факт}} > F_{\text{таб. 095}}$) и составляло 41,57 %. Прочие факторы не оказали значительного влияния.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

При посеве пыльников гибридных комбинаций F_3 озимой мягкой пшеницы на искусственные питательные среды (в частности, с разным содержанием макро- и микросолей) установлено, что наиболее благоприятными для индукции андрогенеза *in vitro* питательными средами являются N6 и W14. Результаты исследований показали, что средняя частота возникновения новообразований на среде W14

была наибольшей (3,76 %). Максимальный процент новообразований из пыльников озимой мягкой пшеницы зафиксирован у образца Вольница × Герда (40,38 %).

Выделены образцы с самым высоким регенерационным потенциалом Вольница × Герда (17 растений), Гигант × Краса Дона (21 растение), Капитан × Вольный Дон (15 растений). Получено наибольшее количество зеленых растений-регенерантов гаплоидов из пыльцевого каллуса у образцов Вольница × Герда (7 шт.), Капитан × Вольный Дон (9 шт.). В исследованиях 2021 г. выявлено, что вклад генотипа и питательной среды в количество новообразований и регенерацию зеленых растений был статистически достоверным ($F_{\text{факт}} > F_{\text{таб. 095}}$).

Библиографический список

1. Pershina L., Trubacheeva N., Badaeva E., Belan I., Rosseeva L. Study of androgenic plant families of alloplasmic introgression lines (*H. vulgare*) – *T. aestivum* and the use of sister DH lines in breeding [e-resource] // Plants. 2020. Vol. 9. Iss. 6. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/764> (date of reference: 10.03.2022). DOI: 10.3390/plants9060764.
2. Дьячук Т. И., Хомякова О. В., Акинина В. Н., Кибкало И. А., Поминов А. В. Микроспоровый эмбриогенез *in vitro* – роль стрессов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 1. С. 86–94. DOI: 10.18699/VJ19.466.
3. Kanbar O. Z., Lantos C., Pauk J. In vitro anther culture as efficiently applied technique for doubled haploid production of wheat (*Triticum aestivum* L.) // Ratarstvo i povrtarstvo. 2021. Vol. 58. Iss. 1. Pp. 31–45. DOI: 10.5937/ratpov58-29902.
4. Калинина Н. В., Головкин С. Г., Ионова Е. В. Методы получения гаплоидов в клеточной селекции озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6. С. 56–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-56-63.
5. Головкин С. Г., Калинина Н. В., Яцына А. А., Вожжова, Н. Н., Ионова Е. В. Изучение способности к андрогенезу в культуре пыльников озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6 (66). С. 41–45. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-41-45.
6. Hassan M. F., Islam S. S. Effect of silver nitrate and growth regulators to enhance anther culture response in wheat (*Triticum aestivum* L.) [e-resource] // Heliyon. 2021. Vol. 7. Iss. 5. Article number e07075. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844021011786> (date of reference: 15.03.2022). DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07075.
7. Kanbar O. Z., Lantos C., Chege P. K., Kiss E., Pauk J. Generation of doubled haploid lines from winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding material using in vitro anther culture // Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 2020. Vol. 56. Iss. 4. Pp. 150–158. DOI: 10.17221/113/2019-CJGPB.
8. Testillano P. S. Microspore embryogenesis: targeting the determinant factors of stress-induced cell reprogramming for crop improvement // Journal of Experimental Botany. 2019. Vol. 70. Iss. 11. Pp. 2965–2978. DOI: 10.1093/jxb/ery464.
9. Weigt D., Kiel A., Siatkowski I., Zyprych-Walczyk J., Tomkowiak A., Kwiatek M. Comparison of the androgenic response of spring and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) [e-resource] // Plants. 2020. Vol. 9. Iss. 1. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/1/49#> (date of reference: 15.03.2022). DOI: 10.3390/plants9010049.
10. Давоян Р. О., Давоян Э. Р., Бебякина И. В., Зинченко А. Н., Миков Д. С., Зубанова Ю. С., Болдаков Д. М. Изучение эффективности гаплопродюсеров кукурузы для стимулирования образования гаплоидных зародышей мягкой пшеницы // Рисоводство. 2019. № 4. С. 12–18.
11. Abd El-Fatah B. E. S., Sayed M. A., El-Sanussy S. A. Genetic analysis of anther culture response and identification of QTLs associated with response traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Molecular Biology Reports. 2020. Vol. 47. Iss. 12. Pp. 9289–9300. DOI: 10.1007/s11033-020-06007-z.
12. Seldimirova O. A., Kudoyarova G. R., Kruglova N. N., Galin I. R., Veselov, D. S. Somatic embryogenesis in wheat and barley calli in vitro is determined by the level of indoleacetic and abscisic acids // Russian Journal of Developmental Biology. 2019. Vol. 50. Iss. 3. Pp. 124–135. DOI: 10.1134/S1062360419030056.

13. Kyriienko A. V., Shcherbak N. L., Kuchuk M. V., Parii M. F., Symonenko, Y. V. In vitro plant regeneration from mature embryos of amphidiploid spelt *Triticum spelta* L. // *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*. 2021. Vol. 57. Iss. 6. Pp. 856–863. DOI: 10.1007/s11627-021-10158-4.

14. Калинина Н. В. Создание гаплоидов в культуре пыльников озимой мягкой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 6. С. 21–26. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-21-26.

15. Белан И. А., Россеева Л. П., Блохина Н. П., Мухина Я. В., Трубочеева Н. В., Першина Л. А. Использование дигаплоидных линий – ускорение селекционного процесса в создании сортов яровой мягкой пшеницы // *Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, «цифра», окружающая среда (AgroProd 2021): сборник трудов конференции*. Омск, 2021. С. 128–133.

Об авторах:

Наталья Владимировна Калинина¹, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, ORCID 0000-0002-2305-4189, AuthorID 679481; +7 928 769-39-28, kalinina74783@mail.ru

Дмитрий Михайлович Марченко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, ORCID 0000-0002-5251-3903, AuthorID 616568; +7 928 213-51-50, wiza101@mail.ru

¹ Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

Developing of regenerated plants of winter bread wheat using the anther culture method

N. V. Kalinina[✉], D. M. Marchenko¹

¹ Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

[✉]E-mail: kalinina74783@mail.ru

Abstract. The purpose of the current study was to evaluate the effect of cultivation conditions and the genotype of winter bread wheat samples on the formation of embryogenic callus and regenerative capacity, to identify regenerated plants in order to develop new initial material for breeding new varieties. **Scientific novelty.** There has been estimated the share of influence of induction nutrient media with different composition and genotype on the amount of regenerated plants of winter wheat in anther culture; there have been identified the new samples with high regeneration potential. **Methods.** The objects of the study were the donor plants of winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) of F₃ generation from breeding nurseries of the winter wheat department of the FSBSI “ARC “Donskoy”, namely 13 hybrid combinations developed in the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type. There has been used a methodology of obtaining haploids in anther culture *in vitro* including such methods as sterilization during work with *in vitro*; preparation of nutrient media; selection and pretreatment of plant explants; determination of the stage of microspores’ development; isolation and planting of anthers on an induction nutrient medium; regeneration of plants from callus tissues. **Results.** There has been found the most favorable nutrient media for the induction of androgenesis *in vitro*. There has been identified a maximum percentage of new formations from the anthers of winter bread wheat in the sample Vol’nitsa × Gerda. There have been developed the largest number of green haploid regenerated plants from pollen callus from the samples Vol’nitsa × Gerda, Kapitan × Vol’nyy Don. There has been revealed that the contribution of the genotype and nutrient medium into the number of new formations and the regeneration of green plants was statistically significant.

Keywords: winter bread wheat, hybrid combination, anther culture, androgenesis, artificial nutrient medium, new formation, regenerated plant.

For citation: Kalinina N. V., Marchenko D. M. Polucheniye rasteniy-regenerantov ozimoy myagkoy pshenitsy s ispol’zovaniyem metoda kul’tury pyl’nikov [Developing of regenerated plants of winter bread wheat using the anther culture method] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. No. 07 (222). Pp. 58–67. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-58-67. (In Russian.)

Date of paper submission: 24.03.2022, **date of review:** 04.04.2022, **date of acceptance:** 15.04.2022.

References

1. Pershina L., Trubacheeva N., Badaeva E., Belan I., Rosseeva L. Study of androgenic plant families of alloplasmic introgression lines (*H. vulgare*) – *T. aestivum* and the use of sister DH lines in breeding [e-resource] //

Plants. 2020. Vol. 9. Iss. 6. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/764> (date of reference: 10.03.2022). DOI: 10.3390/plants9060764.

2. Dyachuk T. I., Khomyakova O. V., Akinina V. N., Kibkalo I. A., Pominov A. V. Mikrosporovyy embriogenez in vitro – rol' stressov [Microspore embryogenesis in vitro – partes accentus] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. Iss. 1. Pp. 86–94. DOI:10.18699/VJ19.466. (In Russian.)

3. Kanbar O. Z., Lantos C., Pauk J. In vitro anther culture as efficiently applied technique for doubled haploid production of wheat (*Triticum aestivum* L.) // Ratarstvo i povrtarstvo. 2021. Vol. 58. Iss. 1. Pp. 31–45. DOI: 10.5937/ratpov58-29902.

4. Kalinina N. V., Golovko S. G., Ionova E. V. Metody polucheniya gaploidov v kletochnoy selektsii ozimoy pshenitsy (obzor) [Methods for obtaining haploids in cell selection of winter wheat (review)] // Grain Economy of Russia. 2020. No. 6. Pp. 56–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-56-63. (In Russian.)

5. Golovko S. G., Kalinina N. V., Yatsyna A. A., Vozzhova, N. N., Ionova E. V. Izucheniye sposobnosti k androgenezu v kul'ture pyl'nikov ozimoy myagkoy pshenitsy [Study of the ability to androgenesis in the anther culture of winter soft wheat] // Grain Economy of Russia. 2019. No. 6 (66). Pp. 41–45. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-41-45. (In Russian.)

6. Hassan M. F., Islam S. S. Effect of silver nitrate and growth regulators to enhance anther culture response in wheat (*Triticum aestivum* L.) [e-resource] // Heliyon. 2021. Vol. 7. Iss. 5. Article number e07075. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844021011786> (date of reference: 15.03.2022). DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07075.

7. Kanbar O. Z., Lantos C., Chege P. K., Kiss E., Pauk J. Generation of doubled haploid lines from winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding material using in vitro anther culture // Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 2020. Vol. 56. Iss. 4. Pp. 150–158. DOI: 10.17221/113/2019-CJGPB.

8. Testillano P. S. Microspore embryogenesis: targeting the determinant factors of stress-induced cell reprogramming for crop improvement // Journal of Experimental Botany. 2019. Vol. 70. Iss. 11. Pp. 2965–2978. DOI: 10.1093/jxb/ery464.

9. Weigt D., Kiel A., Siatkowski I., Zyprych-Walczak J., Tomkowiak A., Kwiatek M. Comparison of the androgenic response of spring and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) [e-resource] // Plants. 2020. Vol. 9. Iss. 1. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/1/49#> (date of reference: 15.03.2022). DOI: 10.3390/plants9010049.

10. Davoyan R. O., Davoyan E. R., Bebyakina I. V., Zinchenko A. N., Mikov D. S., Zubanova Yu. Izucheniye effektivnosti gaploproduserov kukuruzy dlya stimulirovaniya obrazovaniya gaploidnykh zarodyshey myagkoy pshenitsy [The study of the effectiveness of maize haploproducers to stimulate the formation of haploid embryos of soft wheat] // Rice breeding. 2019. No. 4. Pp. 12–18. (In Russian.)

11. Abd El-Fatah B. E. S., Sayed M. A., El-Sanussy S. A. Genetic analysis of anther culture response and identification of QTLs associated with response traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Molecular Biology Reports. 2020. Vol. 47. Iss. 12. Pp. 9289–9300. DOI: 10.1007/s11033-020-06007-z.

12. Seldimirova O. A., Kudoyarova G. R., Kruglova N. N., Galin I. R., Veselov, D. S. Somatic embryogenesis in wheat and barley calli in vitro is determined by the level of indoleacetic and abscisic acids // Russian Journal of Developmental Biology. 2019. Vol. 50. Iss. 3. Pp. 124–135. DOI: 10.1134/S1062360419030056.

13. Kyriienko A. V., Shcherbak N. L., Kuchuk M. V., Parii M. F., Symonenko, Y. V. In vitro plant regeneration from mature embryos of amphidiploid spelt *Triticum spelta* L. // In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant. 2021. Vol. 57. Iss. 6. Pp. 856–863. DOI: 10.1007/s11627-021-10158-4.

14. Kalinina N. V. Sozdaniye gaploidov v kul'ture pyl'nikov ozimoy myagkoy pshenitsy [Creation of haploids in the anther culture of winter soft wheat] // Grain Economy of Russia. 2021. No. 6. Pp. 21–26. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-21-26. (In Russian.)

15. Belan I. A., Rosseeva L. P., Blokhina N. P., Mukhina Ya. V., Trubacheeva N. V., Pershina L. A. Ispol'zovaniye digaploidnykh liniy – uskoreniye selektsionnogo protsessa v sozdanii sortov yarovoy myagkoy pshenitsy [Use of dihaploid lines – acceleration of the breeding process in the creation of varieties of spring soft wheat] // Perspektivnye tekhnologii v agrarnom proizvodstve: chelovek, “tsifra”, okruzhayushchaya sreda (AgroProd 2021): sbornik trudov konferentsii. Omsk, 2021. Pp. 128–133. (In Russian.)

Authors' information:

Nataliya V. Kalinina¹, junior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID 0000-0002-2305-4189, AuthorID 679481; +7 928 769-39-28, kalinina74783@mail.ru

Dmitriy M. Marchenko¹, candidate of agricultural sciences, head of the department of winter wheat breeding and seed production, ORCID 0000-0002-5251-3903, AuthorID 616568; +7 928 213-51-50, wiza101@mail.ru

¹ Agrarian Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

Стрессоустойчивость и молочная продуктивность крупного рогатого скота Урала в зависимости от технологии доения

О. С. Чеченихина¹✉, Е. С. Смирнова¹, Ю. А. Степанова¹

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: Olgachech@yandex.ru

Аннотация. В современных условиях интенсификации агропромышленного комплекса нашей страны уровень влияния стресс-факторов на показатели молочной продуктивности крупного рогатого скота является актуальной темой для проведения исследований. По данным ученых, стрессоустойчивость организма животных характеризует ряд гормонов, таких как пролактин, адренокортикотропный гормон и кортизол. **Научная новизна** заключается в изучении уровня стрессоустойчивости крупного рогатого скота при применении интенсивных технологий. **Целью** нашей научно-исследовательской работы являлся анализ показателей стрессоустойчивости и молочной продуктивности крупного рогатого скота Урала в зависимости от технологии доения. **Методы исследований.** Научная работа проводилась в племенных стадах черно-пестрого скота в период 2016–2019 гг. на базе сельскохозяйственных предприятий Тюменской и Свердловской областей. Распределяя оцениваемых первотелок по типам стрессоустойчивости, определяли у них уровень гормонов в крови во время раздоя первой лактации в лаборатории с использованием тестов СтероидИФА. **Результаты.** В результате анализа установлено, что в группах, где применялось доение в молокопровод, животных с высоким типом стрессоустойчивости на 22,6 % голов больше по сравнению с группами роботизированного доения. При этом отмечено, что первотелок со средним типом стрессоустойчивости при доении роботом-дойером на четверть больше, чем в группах коров при доении в молокопровод. Следовательно, первотелки лучше адаптируются к роботизированному доению. Удой выше у первотелок, доившихся с помощью робота-дойера, по сравнению с линейным доением. Разница в данном случае составила более 700,0 кг (17,3 %) в исследуемых стадах. Рекомендуем при отборе коров-первотелок для интенсивного доения в племенных стадах Урала оценивать наряду с общепринятыми показателями оценки уровень стрессоустойчивости животных.

Ключевые слова: молочная продуктивность коров, стрессоустойчивость коров, гормоны, кортизол, адренокортикотропный гормон, пролактин.

Для цитирования: Чеченихина О. С., Смирнова Е. С., Степанова Ю. А. Стрессоустойчивость и молочная продуктивность крупного рогатого скота Урала в зависимости от технологии доения // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 68–78. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-68-78.

Дата поступления статьи: 20.05.2022, **дата рецензирования:** 03.06.2022, **дата принятия:** 17.06.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В последнее время в специализированной литературе все чаще можно встретить с понятием «стресс». Впервые такой термин был использован в 1936 г., когда ученый Ганс Селье опубликовал свои исследования, в которых описал понятие «стресс» как тип реакции организма, связанный с изменениями внешней или внутренней среды.

В настоящее время этот термин становится популярным, особенно по отношению к сельскохозяйственным животным, и он является актуальной темой для проведения исследований. Этому вопросу большое внимание уделяется и со стороны специалистов в области ветеринарии. В ходе проведения

опытов было доказано, что стресс негативно влияет на экономическую характеристику предприятий, что проявляется в виде замедления роста у молодых животных, понижения продуктивности молочных животных, роста числа заболевших животных, а также прироста в расходе кормов [1, с. 4].

Одной из индивидуальных особенностей животных является их стрессоустойчивость. По мнению И. М. Донник и ее коллег, этот фактор оказывает относительно большое влияние на срок использования животных в хозяйствах, а также проявляется на уровне их молочной продуктивности [2, с. 35–40; 3, с. 148].

В исследованиях Н. В. Романовой и соавторов большой ущерб от данной проблемы наносится таким отраслям, как свиноводство, скотоводство, овцеводство и птицеводство. Ученые в своих исследованиях рекомендуют в качестве показателей, влияющих на стресс при разведении животных, учитывать такие параметры, как поведение, а также некоторые физиологические показатели (частота пульса, дыхания, состав крови, мочи, молока) [4, с. 65].

Т. Н. Землянухина в своем исследовании пришла к выводу, что тип нервной деятельности напрямую зависит от организма и его реакции. И. П. Павловым было предложено систематизировать животных по типу нервной деятельности. Согласно его учению, молочные животные имеют сильный уравновешенный подвижный темперамент. Они, по его мнению, стрессоустойчивы и, как в следствие, менее восприимчивы к нему с изменением продуктивности. Получение животных с высокой молочной продуктивностью, хорошими продуктивными качествами и адаптированных к местным условиям – все это связано с их стрессоустойчивостью, что сегодня считается весьма актуальным [5, с. 62–66].

В. В. Дутка говорит, что молодые и высокопродуктивные животные больше всего предрасположены к стрессу. Автором научного исследования было установлено, что, когда меняются распорядок дня, режим кормления, условия содержания или даже транспортировка, реакция организма на стресс немедленно усиливается. Из-за этого наблюдается спад продуктивности [6, с. 74–75]. Эти данные подтверждаются и другими учеными, обнаружившими, что в ходе транспортировки животные испытывают сильный стресс, который проявляется в виде беспокойного поведения, дрожи в мышцах, увеличения температуры, учащения сердцебиения и дыхания. Так, В. И. Левахин и соавторы заметили, что при транспортировке коров повышались их нормативные физиологические параметры: температура тела — на 0,3 °C, пульс — на 11,8 %, дыхание учащалось на 21,5%. К тому же авторы отметили, что изменился некоторый состав крови: повысились значения белкового, углеводного и липидного обменов¹.

Нервная система животных отвечает за процессы выработки молока и лактации в организме. Ученые отмечают, что уровень молочной продуктивности напрямую связан с нервной системой животного. Стрессы во время технологического процесса производства молока приводят к снижению

продуктивности. Помимо технологических стрессов, пагубное влияние оказывает ряд других факторов, из-за которых происходит раннее выбывание животных из стада [7, с. 203–209; 8, с. 139–142].

По степени стрессоустойчивости коров делят на четыре типа. Первый тип включает животных, которые имеют более высокую устойчивость к стрессу. Наиболее чувствительные классифицируются как четвертый тип (низкая стрессоустойчивость). Второй и третий типы относятся к средней группе стрессоустойчивости, так как имеют промежуточное значение.

Ученые провели исследование в стаде крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в Центральном Черноземье. В ходе эксперимента было выявлено, что наибольшую ценность в хозяйстве имели животные первого и второго типов стрессоустойчивости, так как они проявляли повышенные адаптационные качества по сравнению с другими группами. Наибольший удой отмечен у молочного скота первого типа стрессоустойчивости – 4580,8 кг, что выше соответственно на 686,6; 1510,7 и 2491,8 кг молока, чем у коров второго, третьего (средних) и четвертого (слабого) типов стрессоустойчивости [9, с. 4; 10, с. 92–95].

При интенсивном получении молока животные испытывают разного рода стрессы, что отрицательно сказывается на уровне их продуктивности. В результате у таких животных ухудшается здоровье, снижаются продуктивность и воспроизводительные качества.

Кроме того, причинами стресса у животных могут быть кормление, содержание и технология производства молока. Так, изменение технологии доения способно привести к изменениям в организме, что может негативно сказаться на уровне продуктивности. Отсюда следует, что для восстановления исходного состояния организма животного необходимо запустить приспособительные механизмы адаптации. Ученые экспериментально установили взаимосвязь типа стрессоустойчивости с восстановительной способностью организма. Чем ниже тип стрессоустойчивости, тем больше времени необходимо для восстановления исходного состояния нервной системы [11, с. 87–94; 12, с. 74–79].

Немаловажное значение при отборе животных имеет оценка уровня стрессоустойчивости крупного рогатого скота. Коровы с повышенной стрессоустойчивостью имеют наиболее высокую продуктивность, при изменении внешней среды они, как правило, сохраняют в стабильности работу молочной железы, не происходит торможения рефлекса молокоотдачи.

Отбор стрессоустойчивых коров при разведении позволяет получить более выносливое потомство с высокими продуктивными качествами, имеющими более длительный срок производственного исполь-

¹ Способ повышения стрессоустойчивости животных и сокращения потерь продукции при транспортировке и предубойном содержании: пат. 2658360 С2 РФ: МПК А01К 67/02, А61К 31/00 / В. И. Левахин, Е. А. Ажмулинов, Ю. А. Ласыгина [и др.]; патентообладатель Федеральное Государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. № 2016131052; № 2016131052 : заявл. 27.07.2016; опубл. 21.06.2018.

зования и более высокий уровень пожизненной молочной продуктивности [13, с. 133–140].

В своей статье В. В. Чернякова приводит данные о влиянии типа высшей нервной деятельности на продуктивные качества крупного рогатого скота. Сделан вывод о том, что стрессоустойчивость зависит от типа высшей нервной деятельности. Это также оказывает существенное влияние на продуктивную деятельность животного [14, с. 97–102].

Г. И. Бельков подтвердил результаты других авторов, проведя исследование на двух породах животных: чистокровных симментальских коровах и их помесях голштин-симментальских. В ходе опыта было определено, что различие помесей было наиболее высоким по показателю стрессоустойчивости. По мнению автора, немаловажное значение при содержании животных имеет изученный им показатель. Полученные данные показывают, что коровы анализируемых генотипов хорошо адаптируются к интенсивным технологиям доения. Автор также экспериментально выявил связь процесса производства молока с коэффициентами времени и скорости доения. Так, у помесей скорость молокоотдачи была больше в сравнении с чистокровными животными на 4,9 %. После этого был высчитан коэффициент торможения и животных распределили на три группы стрессоустойчивости. После проведения всех тестов Г. И. Бельков пришел к выводу, что в отличие от чистопородных животных помеси имели более постоянный тип нервной деятельности к воздействию стресса [15, с. 75–83].

Таким образом, для нормального функционирования животных, в частности с высокой продуктивностью, необходимо соблюдение самых высоких требований к качеству содержания, кормам, технологическим операциям, связанным с доением. По исследованиям многих авторов, такие животные более чувствительны даже к незначительным нарушениям кормления и воздействию различных стрессовых факторов [16, с. 86–90]. Длительное нахождение животных под действием стрессового фактора может нанести значительный ущерб хозяйствам. Авторы отмечают, что необходимо усилить работу по снижению стрессогенных факторов, делать это нужно постоянно и целенаправленно. В литературе приводятся данные о том, что наиболее стрессоустойчивыми являются животные с продуктивностью 8000 кг и менее за максимальную лактацию [17, с. 43–49].

Н. Ю. Чупшева определила, что продуктивное долголетие коров связано с признаком стрессоустойчивости. Это позволило ей сделать вывод о том, что снижение естественной резистентности организма животных, связанное с повышением стрессовой чувствительности, плохо сказывается на уровне молочной продуктивности и сроках использования животных в хозяйствах [18, с. 39–45].

Имеется несколько методов определения стрессоустойчивости у коров, описанных рядом авторов². По мнению А. А. Хачатряна, способы реагирования на такие раздражители, как нагрузка адренокортикотропным гормоном с последующим подсчетом эозинофилов; по деятельности сердечнососудистой системы и многие другие, очень сложны для исполнения [19, с. 363–366]. А. Б. Приймак говорит о том, что поведенческий метод распространен и достаточно прост в реализации. Оценка поведения является важным селекционным критерием при отборе животных. Этот показатель может быть полезен при формировании генетически устойчивых животных к производственным показателям [20, с. 60–64].

Еще одним фактором, влияющим на физиологическое состояние животных с высокими показателями продуктивности, выступает фактор клеточной защитной системы организма. Н. Ю. Чупшева с коллегами отмечают, что фагоцитарная активность нейтрофилов крови (ФАНК) тоже находится в зависимости от уровня стрессоустойчивости животных. В ходе проведения опыта учеными экспериментально получены данные, свидетельствующие о том, что при повышении стрессоустойчивости коров выявляется понижение активности фагоцитов на 1,8–7,3 % ($P < 0,001$). Авторы обнаружили связь иммунитета животных со специфическими антителами крови. В результате анализа доказано, что тип стрессоустойчивости коров и количество иммуноглобулинов в сыворотке крови взаимосвязаны. Получена положительная высокая корреляция [21, с. 39–45].

Как известно, величину уровня стресса у крупного рогатого скота отражают некоторые гормоны. Стресс – это активация симпатической нервной системы и/или системы «гипоталамус – гипофиз – надпочечники» в ответ на влияние какого-то фактора окружающей среды или нескольких факторов одновременно. К таким гормонам относятся пролактин, адренокортикотропный гормон и кортизол.

Исходя из вышеизложенного, изучение уровня стрессоустойчивости в животноводстве и применение интенсивных технологий является сегодня одним из важных направлений современного племенного скотоводства.

Целью наших исследований являлся анализ показателей стрессоустойчивости и молочной продуктивности крупного рогатого скота Урала в зависимости от технологии доения.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в стадах черно-пестрого скота в период 2016–2019 гг. на базе племенных предприятий Тюменской и Свердловской обла-

² Способ выявления и отбора стрессоустойчивых животных: пат. 2146444 С1 РФ: МПК А01К 67/02 / В. С. Ланкин, М. Ф. Боуиссу; патентообладатель Институт цитологии и генетики СО РАН. - № 98121445/13 : заявл. 26.11.1998; опубл. 20.03.2000.

стей. Сельскохозяйственные организации, которые стали базой для проведения исследований, специализируются на разведении крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. В обоих предприятиях на фермах применяется роботизированное доение с помощью установки Lely Astronaut A4, установленные в период 2012–2014 гг.

Поскольку эколого-кормовые условия предприятий в Тюменской и Свердловской областях, где проведена научная работа, различались, то результаты представлены в качестве сравнительного анализа изучаемых показателей (рис. 1).



Рис. 1. Схема исследований

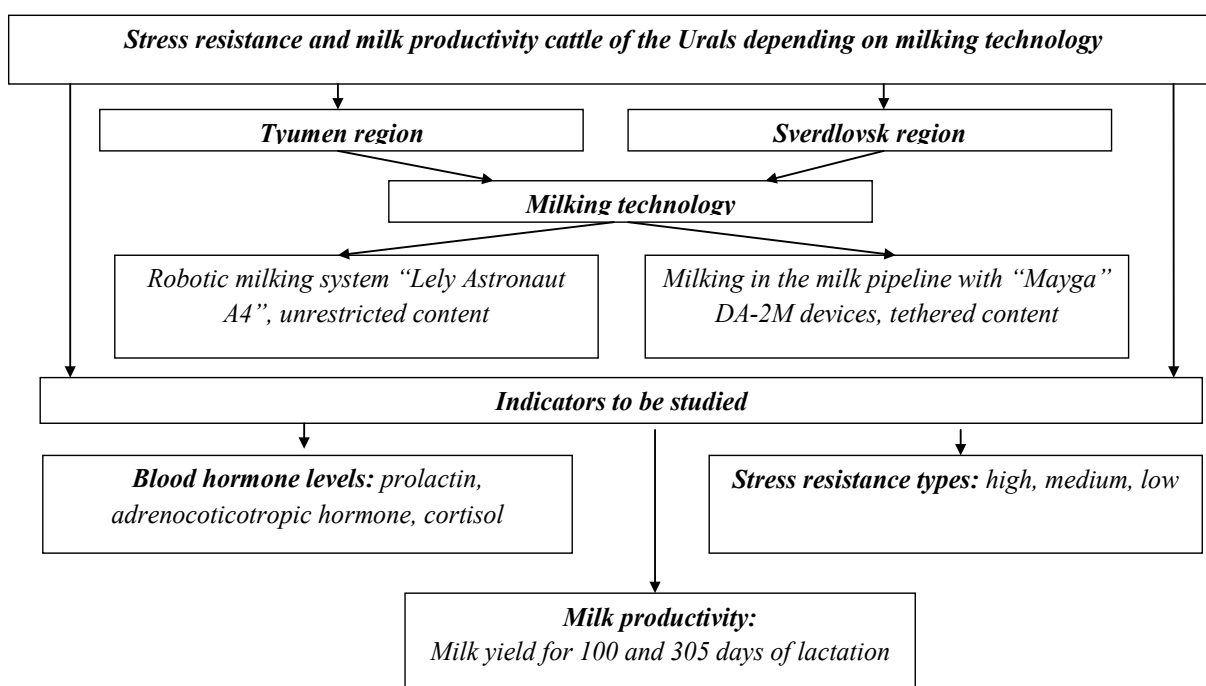


Fig. 1. Study scheme

Оцениваемых животных на каждом из предпрятий разделили на две группы ($n = 24$ в каждой группе). В первую группу включены коровы-первотелки, при выдаивании которых применялась роботизированная доильная система с беспривязным содержанием животных. Вторую группу составили первотелки, доившиеся в молокопровод аппаратами ДА-2М «Майга» при привязном содержании. Анализируемые группы животных сбалансированы по дате последнего отела, живой массе, возрасту в лактациях (первая лактация), линейной принадлежности.

Распределяя исследуемых животных по типам стрессоустойчивости, определяли уровень гормонов в крови исследуемых в Тюменской областной ветеринарной лаборатории в период раздоя коров первой лактации с использованием тестов СтероидИФА-кортизол-01 (ЗАО «Алкор Био», Россия) и Адреналин ИФА (Labor Diagnostika Nord GmbH & Co.KG, Nordhorn, Германия), в основе которых лежит твердофазный конкурентный метод иммуноферментного анализа на микропланшетах. Одинаковое строение этих гормонов у человека и животных позволяет использовать данный пакет реагентов для нахождения их концентрации в сыворотке и плазме крови коров.

Оценку продуктивных качеств животных проводили в соответствии с Порядком и условиями проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направлений продуктивности. Обработка результатов исследований осуществлялась в программе Microsoft Excel при расчете основных статистических и биометрических показателей.

Результаты (Results)

Анализ эндокринного статуса у крупного рогатого скота позволяет исследователям научно обосновывать потребности животных в питательных веществах, осуществлять ранний прогноз молочной продуктивности, выявлять и своевременно исключать какие-либо нарушения в обмене веществ организма.

Как известно, лактационная деятельность связана не только с функционированием молочных желез, она при этом еще обеспечивается и другими системами организма, а также регулируется нейрогуморальным методом. Огромное значение в регуляции лактационного процесса имеют гормоны: пролактин, соматотропин, глюкокортикоиды, тиротропин, тиреоидные гормоны, кортикотропин, инсулин, эстрогены, прогестерон. Влияние вышеперечисленных гормонов на уровень проявления и процесс протекания лактации происходит комплексно, здесь важно определенное гормональное соотношение и количественный состав. И, как правило, некоторый избыток или, наоборот, недостаток гормонов может привести к довольно существенному

снижению или даже прекращению лактации. При этом важно учитывать и период лактации. Кроме лактационной деятельности, гормоны оказывают влияние на протекание процессов пищеварения и обмена веществ, ускоряют процесс поступления предшественников составных частей молока в кровеносную систему животного организма.

Из гормонов, участвующих в регуляции лактации, важное место отводится пролактину. Он стимулирует многие функции организма, в частности функцию молочных желез, и усиливает синтез предшественников молока. Пролактин активизирует тканевое дыхание, процессы обмена веществ и рост эпителиальных клеток молочной железы. При содействии инсулина пролактин стимулирует синтез белков. Как известно, пролактин сосредотачивается в межклеточном пространстве, не поступая в клетки вымени. Он взаимодействует с рецепторами клеточных оболочек и влияет на процессы в секреторных клетках вымени. Пролактин подвергается изменению в рецепторах клеточных оболочек количество циклического аденозинмонофосфата, активируя или, наоборот, тормозя биосинтез в секреторных клетках. Пролактин не только стимулирует работу молочной железы, но и повышает синтез предшественников молока, активизирует дыхание тканей и многое другое.

В наших исследованиях, проводимых в Тюменской области, установлено (рис. 2), что уровень пролактина в крови исследуемого стада коров первой группы выше по сравнению со второй группой животных на 17,40 нг/мл (10,7 %) ($p < 0,001$). В Свердловской области оценка гормонального фона показала, что содержание пролактина в сыворотке крови коров первой группы (роботы) на 13,7 нг/мл (8,1 %) ($p < 0,01$) больше, чем у животных второй группы.

Установлено, что в стаде животных предприятия Тюменской области содержание адренокортикотропного гормона (АКТГ) у первотелок оцениваемых групп различалось. Так, в первой группе коров уровень АКТГ на 4,68 пг/мл (5,2 %) выше по сравнению со второй группой первотелок ($p < 0,001$). В Свердловской области уровень АКТГ в организме коров первой группы выше по сравнению с животными второй группы на 8,0 пг/мл (8,3 %) ($p < 0,05$).

Кортизол является стероидным гормоном, который ответствен за состояние стресса, вырабатывается надпочечниками при воздействии стресс-факторов. В научных исследованиях, проведенных нами в Тюменской области, установлено, что в крови у животных второй группы уровень кортизола равен 32,80 нмоль/л, что на 3,12 нмоль/л (8,7 %) ($p < 0,001$) меньше по сравнению с первой группой. В Свердловской области количество кортизола у животных первой группы также больше, чем во второй. Разница в данном случае составила 4,9 нмоль/л (12,5 %) ($p < 0,001$).



Рис. 2. Концентрация гормонов в крови коров-первотелок

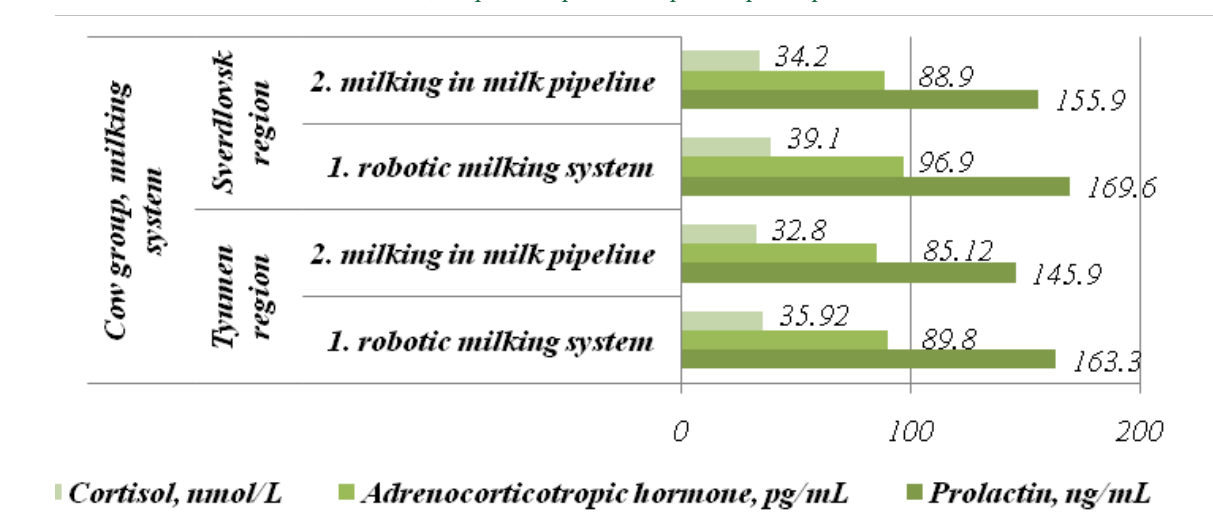


Fig. 2. Concentration of hormones in the blood of first-calf cows

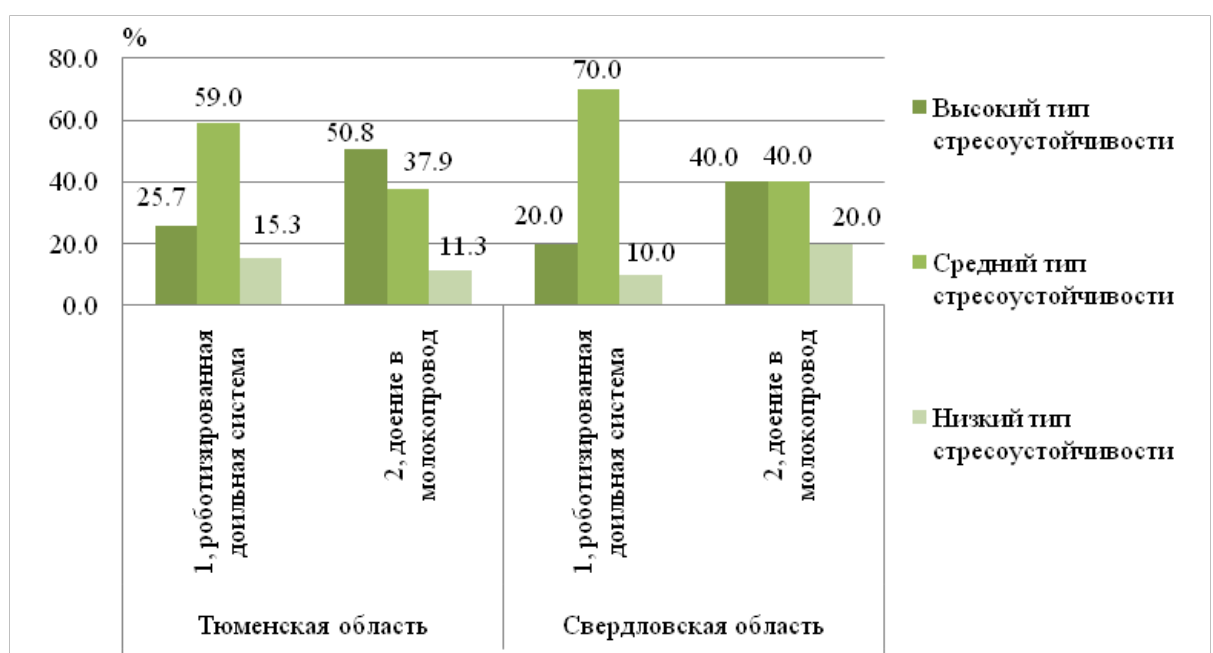


Рис. 3. Распределение коров-первотелок по типам стрессоустойчивости, %

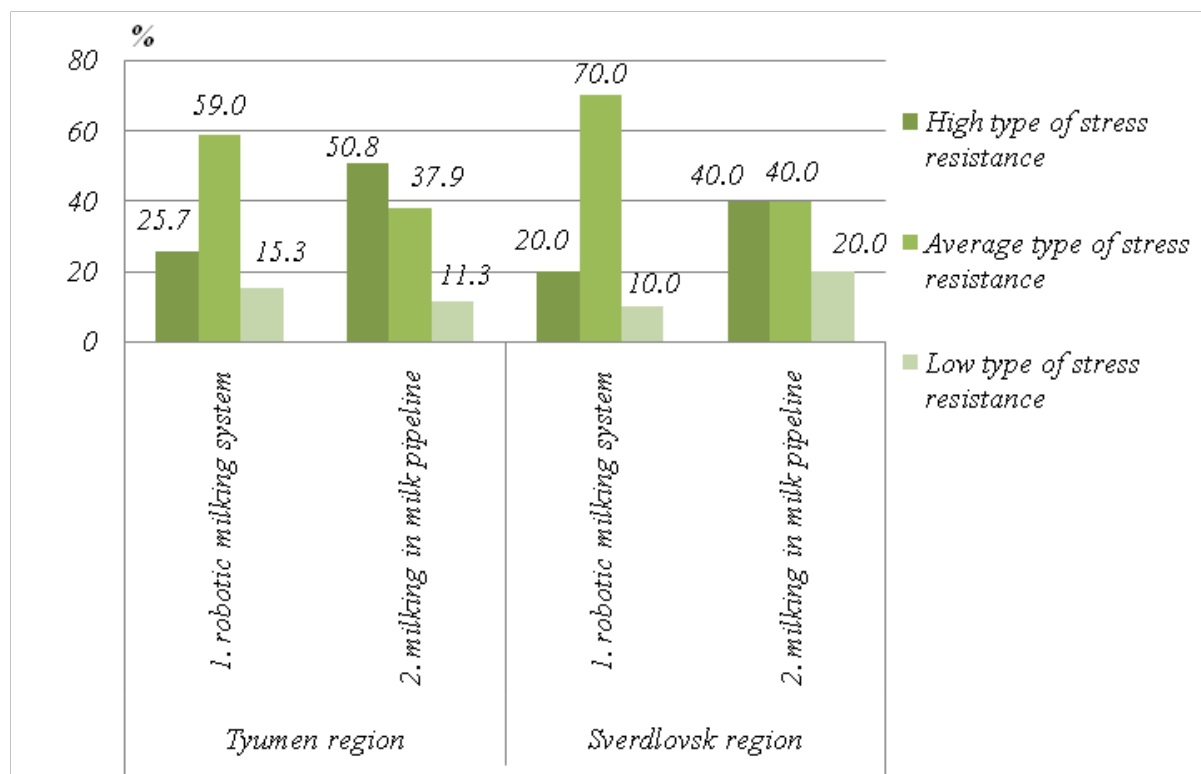


Fig. 3. Distribution of first-calf cows by types of stress resistance, %

При распределении коров различного происхождения по типам стрессоустойчивости в зависимости от времени нормализации гомеостаза установлено (рис. 3), что в Тюменской области в первой группе 25,7 % голов с высоким типом стрессоустойчивости, во второй группе – 50,8 % голов.

Первотелок с нестабильным (с низким) типом стрессоустойчивости в первой группе было более половины – 50,9 %. Разница со второй группой составила 21,1 %. Животных с низким уровнем стрессоустойчивости больше всего во второй оцениваемой группе – 15,3 %, что на 4,0 % больше по сравнению со второй группой первотелок.

В стаде племенного предприятия Свердловской области во второй группе коров большее число животных отнесено к высокому и среднему уровням стрессоустойчивости – по 40,0 % голов в каждой группе. И лишь 20,0 % животных обладали низким уровнем стрессоустойчивости. При этом в первой группе первотелок лишь 20,0 % голов отнесены в результате оценки к высокому типу стрессоустойчивости. Следует отметить большое количество животных первой группы (70,0 %), отнесенных к числу коров со средним типом стрессоустойчивости. Разница со второй группой в данном случае составила 30,0 %. Можно предположить, что первотелки быстрее адаптировались к условиям роботизированного доения. Следовательно, присутствует необходимость при отборе коров для интенсивного доения включать в оценку показатели стрессоустойчивости коров.

При анализе молочной продуктивности первотелок стада Тюменской области в зависимости от технологии доения установлено (рис. 4), что у животных первой группы за 100 и 305 дней лактации удой выше по сравнению с первотелками второй группы соответственно на 336,0 (16,2 %) ($p < 0,001$) и 855,0 кг (16,3 %) ($p < 0,001$).

В стаде коров Свердловской области установлено, что у первотелок первой группы за 100 и 305 дней лактации удой выше по сравнению с коровами второй группы соответственно на 426,0 (17,2 %) ($p < 0,001$) и 1190,0 кг (19,2 %) ($p < 0,001$).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, анализ показателей стрессоустойчивости коров племенных стад Тюменской и Свердловской областей показал, что количество животных с высоким типом стрессоустойчивости в среднем на 22,6 % голов больше в группах, где применялось линейное доение в молокопровод. Кроме того, выявлено, что коровы в период первой лактации лучше адаптируются к роботизированному доению. Так, в этих группах животных большое число первотелок со средним типом стрессоустойчивости (в среднем по стадам 64,5 % голов). Это на четверть больше, чем в группах коров при доении в молокопровод.

Данные, полученные нами в ходе научно-исследовательской работы, подтверждают результаты предшественников среди отечественных ученых, работающих по данной тематике [22 с. 18–24; 23]. Например, удой за различные лактационные перио-

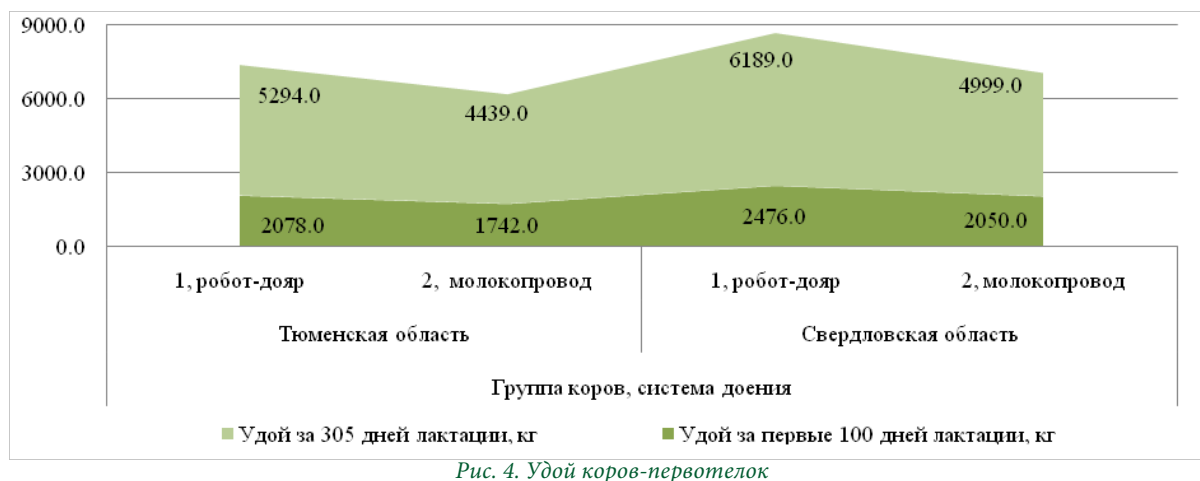


Рис. 4. Удой коров-первотелок

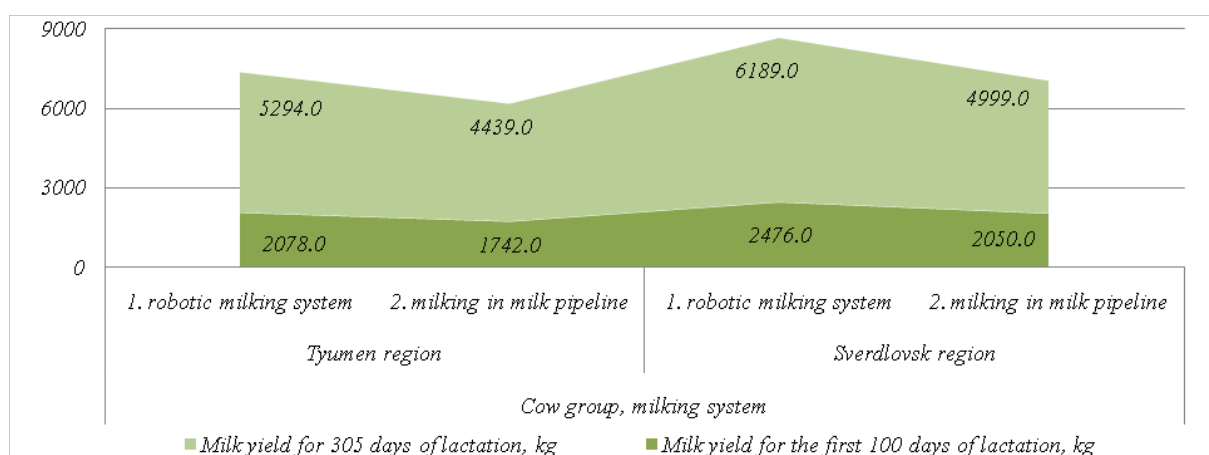


Fig. 4. Milk yield of first-calf cows

ды выше у животных, доившихся с помощью робота-дойера, чем у коров, доившихся в молокопровод. Разница в показателях составила в среднем более 700,0 кг (17,3 %).

В связи с этим рекомендуем при отборе коров-первотелок для интенсивного доения в племенных стадах Урала включать в показатели оценки животных уровень стрессоустойчивости.

Библиографический список

1. Курдеко А. П., Богомольцева М. В., Богомольцев А. В. Стресс: диагностика, лечение, профилактика: учеб.-метод. пособие для студентов факультета ветеринарной медицины по специальности 1-74 03 02 «Ветеринарная медицина» и слушателей ФПК и ПК. Витебск: ВГАВМ, 2017. 24 с.
2. Донник И. М., Чеченихина О. С., Лоретц О. Г. Молочная продуктивность и стрессоустойчивость черно-пестрых коров разного генотипа // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 4 (40). С. 35–40. DOI: 10.52463/22274227_2021_40_35.
3. Mironova I. V., Nigmatyanov A. A., Khabibullin R. M., Galieva Z. A., Gazeev I. R., Latypova G. F. Reference intervals of essential element concentrations in milk of black-and-white cows reared in Bashkortostan Republic of Russia [e-resource] // Trace Elements and Electrolytes. 2021. Vol. 38. No. 3. P. 148. URL: <https://www.dustri.com/nc/journals-in-english/mag/trace-elements-and-electrolytes.html> (date of reference: 10.04.2022).
4. Романова Н. В., Камошенков А. Р., Иванова Е. В. Стресс и продуктивность сельскохозяйственных животных: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 100 с.
5. Землянухина Т. Н. Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров в зависимости от их стрессоустойчивости // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (199). С. 62–66.
6. Дутка В. В. Влияние стресс-факторов на организм животных // Перспективные этапы развития научных исследований: теория и практика: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2018. С. 74–75.

7. Donnik I. M., Bykova O., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Loretts O. G., Baranova A., Musikhina H., Romanova A. Biological safety of cows' milk under the conditions of technogenic agricultural ecosphere when using biologically active substances // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2019. Vol. 10. No. 2. Pp. 203–209. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2019.20.
8. Donnik I. M., Shkuratova I. A. Molecular–genetic and immunobiochemical markers in assessing the health of agricultural animals // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2017. Vol. 87. No. 2. Pp. 139–142. DOI: 10.1134/S1019331617020095.
9. Ламонов С. А., Загороднев Ю. П. Особенности адаптивной селекции крупного рогатого скота на стрессоустойчивость. Мичуринск: БИС, 2019. 86 с.
10. Скоркина И. А., Ламонов С. А., Третьякова Е. Н. Значение типов стрессоустойчивости коров в адаптивной селекции // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2019. № 3 (58). С. 92–95.
11. Ламонов С. А., Скоркина И. А. Молочная продуктивность и технологические качества молока коров разных типов стрессоустойчивости // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2022. № 1 (68). С. 87–94.
12. Gubaidullin N., Tagirov Kh., Mironova I., Lysov Y., Gafarov F., Zubairova L., Iskhakov R., Nigmatyanov A., Bagautdinov A., Pozdnyakova E. The efficiency of haylage use conserved by the pure culture of propionibacteria in black-and-white cattle feeding // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. Vol. 25. No. S2. Pp. 74–79.
13. Чеченихина О. С., Степанова Ю. А. Стрессоустойчивость и показатели продуктивного долголетия коров разных пород // *Молочнохозяйственный вестник*. 2019. № 4 (36). С. 133–140.
14. Чернякова В. В., Зеленская Л. А. Влияние стресса на молочную продуктивность крупного рогатого скота // *Проблемы в животноводстве: Материалы международной научно-практической конференции*. Краснодар, 2018. С. 97–102.
15. Бельков Г. И., Панин В. А. Стрессоустойчивость как фактор биоресурсного потенциала симментальских и голштин×симментальских коров // *Животноводство и кормопроизводство*. 2018. Т. 101. № 1. С. 75–83.
16. Бычкова Т. К. Стресс сельскохозяйственных животных и его физиологическое обоснование // *Тенденции повышения конкурентоспособности и экспортного потенциала продукции агропромышленного комплекса: сборник материалов международной научной конференции*. Смоленск, 2021. С. 86–90.
17. Донник И. М., Лоретц О. Г., Чеченихина О. С., Быкова О. А., Степанов А. В. Оценка типа стрессоустойчивости коров-матерей и их потомков // *Аграрный вестник Урала*. 2020. № 10 (201). С. 43–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-201-10-43-49.
18. Чупшева Н. Ю., Карамаев С. В., Карамаева А. С. Продуктивное долголетие коров разного типа стрессоустойчивости // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 3. С. 39–45.
19. Хачатрян А. А. О целостности объекта биологического познания // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2013. Т. 216. С. 363–366.
20. Приймак А. Б. Сочетанное применение поведенческих тестов при оценке стрессоустойчивости лабораторных животных // *Молодежь. Наука. Творчество: материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции*. Омск, 2021. С. 60–64.
21. Borshch O. A., Borshch O. V., Kosior L., Lastovska I., Pirova L., Jalil G. N. Productivity of cows of different tolerance to stress under robotized milking conditions // *Animal husbandry products production and processing technology*. 2018. No. 1 (141). Pp. 18–24.
22. Загороднев Ю. П. Роботизация доения и отбор коров [Электронный ресурс] // *Наука и Образование: электронный научный журнал*. URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/2144/2143> (дата обращения: 15.04.2022).

Об авторах:

Ольга Сергеевна Чеченихина¹, доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-9011-089x, AuthorID 473811; +7 912 227-02-51, Olgachech@yandex.ru

Екатерина Сергеевна Смирнова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0003-2116-121X, AuthorID 962725; +7 912 664-98-57, sm.ekaterina@internet.ru

Юлия Александровна Степанова¹, кандидат биологических наук, ORCID 0000-0003-3005-8353, AuthorID 1019174

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Stress resistance and dairy productivity of cattle in the Urals depending on milking technology

O. S. Chechenikhina¹✉, E. S. Smirnova¹, Yu. A. Stepanova¹

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: Olgachech@yandex.ru

Abstract. In modern conditions of intensification of the agro-industrial complex of our country, the level of influence of stress factors on the indicators of dairy productivity of cattle is an urgent topic for research. According to scientists, the stress resistance of the animal body is characterized by a number of hormones, such as prolactin, adrenocorticotrophic hormone and cortisol. **The scientific novelty** lies in the study of the level of stress resistance of cattle with the use of intensive technologies. **The purpose** of our research work was to analyze the indicators of stress resistance and dairy productivity of cattle in the Urals, depending on the milking technology. **Research methods.** Scientific work was carried out in breeding herds of black-and-white cattle in the period 2016–2019 on the basis of agricultural enterprises of the Tyumen and Sverdlovsk regions. Distributing the evaluated heifers by types of stress resistance, the level of hormones in their blood was determined during the first lactation in the laboratory using STERODIF tests. **Results.** As a result of the analysis, it was found that in the groups where milking was used in the milk pipeline, animals with a high type of stress resistance had 22.6 % more heads compared to the groups of robotic milking. At the same time, it was noted that the first heifers with an average type of stress resistance during milking by a robot milker are a quarter more than in groups of cows when milking in a milk pipeline. Consequently, the first heifers adapt better to robotic milking. Milk yield is higher for first-time heifers milked with the help of a robot milker compared to linear milking. The difference in this case was more than 700.0 kg (17.3 %) in the studied herds. We recommend that when selecting first-calf cows for intensive milking in breeding herds of the Urals, along with generally accepted assessment indicators, the level of stress resistance of animals should be evaluated.

Keywords: milk productivity of cows, stress resistance of cows, hormones, cortisol, adrenocorticotrophic hormone, prolactin.

For citation: Chechenikhina O. S., Smirnova E. S., Stepanova Yu. A. Stressoustoychivost' i molochnaya produktivnost' krupnogo rogatogo skota Urala v zavisimosti ot tekhnologii doeniya [Stress resistance and dairy productivity of cattle in the Urals depending on milking technology] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 68–78. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-68-78. (In Russian.)

Date of paper submission: 20.05.2022, **date of review:** 03.06.2022, **date of acceptance:** 17.06.2022.

References

1. Kurdeko A. P., Bogomol'tseva M. V., Bogomol'tsev A. V. Stress: diagnostika, lecheniye, profilaktika : ucheb.-metod. posobiye dlya studentov fakul'teta veterinarnoy meditsiny po spetsial'nosti 1-74 03 02 "Veterinarnaya meditsina" i slushateley FPK i PK [Stress: diagnosis, treatment, prevention: educational and methodical manual for students of the Faculty of Veterinary Medicine in the specialty 1-74 03 02 "Veterinary Medicine" and students of FPK and PC]. Vitebsk: VGAVM, 2017. 24 p. (In Russian.)
2. Donnik I. M., Chechenikhina O. S., Loretts O. G. Molochnaya produktivnost' i stressoustoychivost' chernopestrykh korov raznogo genotipa [Milk productivity and stress resistance of black-and-white cows of different genotypes] // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2021. No. 4 (40). Pp. 35–40 (In Russian.)
3. Mironova I. V., Nigmatyanov A. A., Khabibullin R. M., Galieva Z. A., Gazeev I. R., Latypova G. F. Reference intervals of essential element concentrations in milk of black-and-white cows reared in Bashkortostan Republic of Russia [e-resource] // Trace Elements and Electrolytes. 2021. Vol. 38. No. 3. P. 148. URL: <https://www.dustri.com/nc/journals-in-english/mag/trace-elements-and-electrolytes.html> (date of reference: 10.04.2022).
4. Romanova N. V., Kamoshenkov A. R., Ivanova E. V. Stress i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: uchebnoye posobiye dlya vuzov [Stress and productivity of farm animals: a textbook for universities]. Saint Petersburg: Lan', 2021. 100 p. (In Russian.)
5. Zemlyanukhina T. N. Molochnaya produktivnost' i vosproizvoditel'nyye kachestva korov v zavisimosti ot ikh stressoustoychivosti [Milk productivity and reproductive qualities of cows depending on their stress resistance] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. No. 5 (199). Pp. 62–66. (In Russian.)
6. Dutka V. V. Vliyaniye stress-faktorov na organizm zhivotnykh [Influence of stress factors on the animal body] // Perspektivnyye etapy razvitiya nauchnykh issledovaniy: teoriya i praktika: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kemerovo, 2018. Pp. 74–75. (In Russian.)

7. Donnik I. M., Bykova O., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Loretts O. G., Baranova A., Musikhina H., Romanova A. Biological safety of cows' milk under the conditions of technogenic agricultural ecosphere when using biologically active substances // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2019. Vol. 10. No. 2. Pp. 203–209. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2019.20.
8. Donnik I. M., Shkuratova I. A. Molecular–genetic and immunobiochemical markers in assessing the health of agricultural animals // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2017. Vol. 87. No. 2. Pp. 139–142. DOI: 10.1134/S1019331617020095.
9. Lamonov S. A., Zagorodnev Yu. P. Osobennosti adaptivnoy selektsii krupnogo rogatogo skota na stressoustoychivost' [Features of adaptive selection of cattle for stress resistance] // Michurinsk: BIS, 2019. 86 p. (In Russian.)
10. Skorkina I. A., Lamonov S. A., Tret'yakova E. N. Znachenije tipov stressoustoychivosti korov v adaptivnoy selektsii [Significance of cow stress resistance types in adaptive selection] // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. No. 3 (58). Pp. 92–95. (In Russian.)
11. Lamonov S. A., Skorkina I. A. Molochnaya produktivnost' i tekhnologicheskiye kachestva moloka korov raznykh tipov stressoustoychivosti [Milk productivity and technological qualities of milk of cows of different types of stress resistance] // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. No. 1 (68). Pp. 87–94. (In Russian.)
12. Gubaidullin N., Tagirov Kh., Mironova I., Lysov Y., Gafarov F., Zubairova L., Iskhakov R., Nigmatyanov A., Bagautdinov A., Pozdnyakova E. The efficiency of haylage use conserved by the pure culture of propionibacteria in black-and-white cattle feeding // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. Vol. 25. No. S2. Pp. 74–79.
13. Chechenikhina O. S., Stepanova Yu. A. Stressoustoychivost' i pokazateli produktivnogo dolgoletiya korov raznykh porod [Stress resistance and indicators of productive longevity of cows of different breeds] // *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. 2019. No. 4 (36). Pp. 133–140. (In Russian.)
14. Chernyakova V. V., Zelenskaya L. A. Vliyaniye stressa na molochnuyu produktivnost' krupnogo rogatogo skota [Effect of stress on milk production of cattle] // *Problemy v zhivotnovodstve: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Krasnodar, 2018. Pp. 97–102. (In Russian.)
15. Bel'kov G. I., Panin V. A. Stressoustoychivost' kak faktor bioresurnogo potentsiala simmental'skikh i golshtin'skikh korov [Stress resistance as a factor of bioresource potential of Simmental and Holstein Simmental cows] // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2018. Vol. 101. No. 1. Pp. 75–83. (In Russian.)
16. Bychkova T. K. Stress sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ego fiziologicheskoye obosnovaniye [Stress in farm animals and its physiological basis] // *Tendentsii povysheniya konkurentnosposobnosti i eksportnogo potentsiala produktsii agropromyshlennogo kompleksa: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. Smolensk. 2021. Pp. 86–90. (In Russian.)
17. Donnik I. M., Loretts O. G., Chechenikhina O. S., Bykova O. A., Stepanov A. V. Otsenka tipa stressoustoychivosti korov-materey i ikh potomkov [Assessment of the type of stress tolerance mother cows and their descendants] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 10 (201). Pp. 43–49. (In Russian.)
18. Chupsheva N. Yu., Karamayev S. V., Karamayeva A. S. Produktivnoye dolgoletie korov raznogo tipa stressoustoychivosti [Productive longevity of cows of different types of stress resistance] // *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2020. No. 3. Pp. 39–45. (In Russian.)
19. Khachatryan A. A. O tselostnosti ob'yekta biologicheskogo poznaniya [On the integrity of the biological cognition object] // *Academic notes of Kazan state academy of veterinary medicine named after N. Bauman*. 2013. Vol. 216. Pp. 363–366. (In Russian.)
20. Priymak A. B. Sochetannoye primeneniye povedencheskikh testov pri otsenke stressoustoychivosti laboratornykh zhivotnykh [Combined use of behavioral tests in assessing the stress resistance of laboratory animals] // *Molodezh'. Nauka. Tvorchestvo: materialy XIX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Omsk, 2021. Pp. 60–64. (In Russian.)
21. Borshch O. A., Borshch O. V., Kosior L., Lastovska I., Pirova L., Jalil G. N. Productivity of cows of different tolerance to stress under robotized milking conditions // *Animal husbandry products production and processing technology*. 2018. No. 1 (141). Pp. 18–24.
22. Zagorodnev Yu. P. Robotizatsiya doeniya i otbor korov [Robotization of milking and selection of cows] [e-resource] // *Nauka i Obrazovanie: elektronnyy nauchnyy zhurnal*. URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/2144/2143> (date of reference: 15.04.2022). (In Russian.)

Authors' information:

Olga S. Chechenikhina¹, doctor of biological sciences, professor of the department of biotechnology and food, ORCID 0000-0002-9011-089x, AuthorID 473811; +7 912 227-02-51, Olgachech@yandex.ru

Ekaterina S. Smirnova¹, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of biotechnology and food, ORCID 0000-0003-2116-121X, AuthorID 962725; +7 912 664-98-57, sm.ekaterina@internet.ru

Yulia A. Stepanova¹, candidate of biological sciences, ORCID 0000-0003-3005-8353, AuthorID 1019174

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Результативность реализации ВЦП «Создание 100 роботизированных молочных ферм в Калужской области»

Л. В. Кузнецова^{1✉}, В. Н. Мазуров¹

¹ Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал
Федерального исследовательского центра картофеля имени А. Г. Лорха, Калуга, Россия

✉ E-mail: torg.kniish@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – анализ результативности реализации ВЦП «Создание 100 роботизированных молочных ферм» в Калужской области», экономическая оценка реализации программы, выявление положительных и отрицательных ее сторон. **Методы.** Исследования проведены в научном подразделении «Экономика и организация» Калужского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» в соответствии с общепринятыми методиками и методикой типовой оценки эффективности ВЦП, утвержденной приказом Министерства экономического развития Калужской области от 05.06.2008 № 592-п (в редакции приказа Министерства экономического развития Калужской области от 16.11.2016 № 1177-п). **Научная новизна.** Впервые в условиях региона проведен анализ основных результатов работы сельхозпроизводителей, участвующих в ВЦП, дана оценка эффективности реализации на примере отдельной сельскохозяйственной организации, КФХ и области в целом. **Результаты.** Исследования результативности реализации ВЦП «Создание 100 роботизированных молочных ферм» в Калужской области показали эффективность региональных мер поддержки. Коэффициент общей эффективности расходования финансовых средств в среднем за весь период исследования составляет 201 %, с вариациями по годам исследований – от –69,8 до 812,3 %. Производство молока в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах Калужской области выросло на 212,6 % по сравнению с 2010 г., а в КФХ – в 3,1 раза. В разрезе хозяйств: по ЗАО «Кривское» – от 110 до 276 % (в среднем по исследованию – 167 %) при росте производства молока в период внедрения роботизации доения коров (с 2015 по 2020 гг.) 164 %; по КФХ Тарасенкова – от –300 до 3040 % (в среднем по исследованию – 787 %). На фоне роста производства молока перевод на роботизированное доение коров способствовал сокращению затрат труда на производство 1 ц молока с 2013 г. по Калужской области с 2,63 до 0,57 чел. ч, снижение составило 73 %. Аналогичная динамика наблюдается в ЗАО «Кривское»: сокращение трудозатрат – 75,4 % (с 0,73 до 0,18 чел. ч).

Ключевые слова: анализ, экономическая эффективность, результативность, роботизация доения коров, ВЦП «Создание 100 роботизированных молочных ферм».

Для цитирования: Кузнецова Л. В., Мазуров В. Н. Результативность реализации ВЦП «Создание 100 роботизированных молочных ферм в Калужской области» // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 79–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-79-90.

Дата поступления статьи: 21.03.2022, **дата рецензирования:** 08.04.2022, **дата принятия:** 25.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Повышение конкурентоспособности продукции сельхозпроизводителей на основе технологической и технической модернизации производства – одна из основных задач Государственной программы по развитию сельского хозяйства. В рамках поставленных задач во многих регионах страны осуществляются планомерное внедрение беспривязного содержания молочного стада коров и роботизация их доения. [1, с. 210].

Доильный робот – это специальное оборудование, предназначенное для автоматического доения коров на молочных фермах. Данное оборудование также осуществляет множество других функций, в том числе диагностику состояния животного по различным параметрам и кормление его в процессе доения. Среди лидеров рынка России по поставкам роботизированных установок для доения коров – такие фирмы, как DeLaval VMS (Швеция, около 40 % доли российского рынка), Lely Astronaut (Ни-

дерланды, более 30 %), GEA Farm (Германия, более 10 %) [2, с. 63]. Использование технологии роботизированного доения коров позволяет создать физиологически более естественные условия для доения молочного скота. Однако при формировании стада выбраковывается до 15 % коров, т. к. не все животные пригодны для доения роботом, что связано в основном с неравномерностью развития долей вымени [3, с. 55]. Технология беспривязного содержания и система роботизированного доения позволяют коровам доиться в любое время суток. Доказано, что у низкопродуктивных животных число доений составляет 2,8 раза в сутки, у высокопродуктивных – 4,7 раза [4, с. 12]. Полученный за годы опыт применения роботизированных установок свидетельствует, что они соответствуют зоотехническим и техническим требованиям, а также способствуют сокращению ручного труда [5, с. 30]. Роботизация доения позволяет сократить риски, связанные с человеческим фактором [6, с. 243]. Нагрузка на работа по обслуживанию коров в среднем составляет 60–70 коров. В сравнении с доильными залами типа «Параллель» или «Ёлочка» сокращение трудозатрат составляет 50 % и более [7, с. 75]. Многие исследователи отмечают, что при привязном содержании коров и доении в молокопровод себестоимость молока зачастую выше на 6–20 %, чем при беспривязном содержании и роботизированном доении коров (в зависимости от продуктивного долголетия коров и срока использования роботов [8, с. 4]. Роботизированное доение коров обеспечивает интеграцию действий средств автоматизации с процессом лактации животного. Среди преимуществ робота-дояра – информативное управление процессом, позволяющее отслеживать динамику животного по надоям, состоянию вымени и поведению [9, с. 119]. Калужская область на сегодняшний день является одним из ведущих регионов успешного развития молочного скотоводства за счет внедрения в хозяйства более 90 роботизированных установок для доения коров с 2012 года [10, с. 149]. По данным различных исследований, при вложении инвестиций в доильного робота возможен дополнительный годовой доход при годовом удое от 1 коровы в 8–10 тыс. кг около 1 млн руб., а срок окупаемости робота-дояра составляет от 3 до 5 лет [11, с. 101]. Но если робот доит меньше двух тонн в сутки, то это слишком дорого и неэффективно [12, с. 82]. При машинном доении коров на долю всех затрат труда по обслуживанию животных приходится от 40 до 65 %. За счет перехода на полную автоматизацию процесса доения уменьшается доля ручного труда [13, с. 155]. В Калужской области с 2014 года стартовала Ведомственная целевая программа «Создание 100 роботизированных молочных ферм», в рамках которой предусмотрена значительная го-

сударственная поддержка, направленная на создание условий для повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, повышение финансовой устойчивости предприятий АПК и эффективности использования производственных ресурсов [14, с. 52]. Объемы выделяемой государственной поддержки позволяют осуществлять крупные инвестиционные проекты в регионах РФ, которые направлены на технологическое развитие отраслей АПК [15, с. 83].

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в научном подразделении «Экономика и организация» Калужского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» в соответствии с общепринятыми методиками[□]. При исследовании применялась методика типовой оценки эффективности ВЦП, утвержденная приказом Министерства экономического развития Калужской области от 05.06.2008 № 592-п «Об утверждении типовой оценки эффективности реализации ведомственных целевых программ» (в редакции приказа Министерства экономического развития Калужской области от 16.11.2016 № 1177-п).

Эффективность расходования средств финансирования определяется по соотношению конечных результатов ВЦП и затрат на ее реализацию по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{общ.}} = \Delta \text{ТП} / \Phi \times 100,$$

где $\mathcal{E}_{\text{общ.}}$ – коэффициент общей эффективности расходования финансовых средств;

$\Delta \text{ТП}$ – ежегодный прирост выручки от реализации молока;

Φ – объемы финансирования по годам реализации ВЦП.

Результаты (Results)

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве России (и особенно животноводстве) наступает период массовой роботизации. Для выполнения всего перечня технологических операций на молочных фермах и комплексах необходимо значительное количество рабочей силы, причем любой вид работ требует регулярного, ежедневного выполнения, присутствия обслуживающего персонала в течение всего светового дня, без выходных. Кроме того, выполнение работ без соответствующей механизации – это значительные физические нагрузки. Во всем мире широко распространено и успешно используется различного рода оборудование для механизации и автоматизации работ на фермах и комплексах. Внедрение роботов-дояров способствует превращению сельского хозяйства в высокотехнологичную и доходную отрасль региональной экономики, а в этом заключается основная цель аграрной политики, проводимой правительством Калужской области.

Автоматизированная система доения – одна из самых последних разработок, сочетающая в себе

новейшие технологии машинного доения, ветеринарные требования и особенный подход к процессу. С 2012 года сельскохозяйственные организации и КФХ Калужской области стали внедрять роботизированное доение коров, в настоящее время около 90 установок фирм Lely, DeLaval, SAC, GEA Farm Technologies и Fullwood используется в молочном скотоводстве. Производственный опыт показал, что приучение коров разного возраста происходит без особых осложнений.

Неоспоримое преимущество доильного робота связано со снижением влияния человеческого фактора. С целью ухода от дефицита рабочей силы производители молока все активнее используют роботизированную доильную технику. Поэтому

экономическая эффективность доильного робота выражается прежде всего экономией затрат физического труда человека. Полученный опыт за годы применения роботов-дойаров свидетельствует об универсальности исследуемой технологии доения, успешно применяемой как в крестьянских (фермерских) хозяйствах, так и в крупных товарных хозяйствах [5, с. 30].

Накопившийся хозяйственный опыт в этом направлении позволяет дать оценку эффективности реализации программы на примере отдельных сельскохозяйственных организаций области и в целом по области, выявить положительные и отрицательные стороны проекта.

Таблица 1
Динамика основных показателей производства молока
в сельскохозяйственных организациях Калужской области

Показатель	Год						2020 г. к 2010 г., %
	2010	2012	2014	2016	2018	2020	
Сельскохозяйственные организации							
Поголовье коров, тыс. гол.	45,7	48,0	44,7	46,6	56,8	77,8	170,2
Валовое производство молока, тыс. т	186,5	190,7	183,4	225,2	310,5	396,5	212,6
Надой от 1 коровы, кг	4303	4739	5079	5871	6961	7885	183,3
Себестоимость производства молока, руб/л	11,76	13,45	17,14	20,05	20,75	22,60	192,2
Себестоимость реализованного молока, руб/л	11,41	13,08	16,62	19,91	20,77	22,93	200,1
Реализационная цена молока, руб/л	12,70	14,28	20,06	23,96	25,79	29,51	232,4
Прибыль с 1 л молока, руб/л	1,29	1,20	3,44	4,05	5,02	6,58	в 5,1 раза
Уровень рентабельности, %	11,3	9,2	20,7	20,3	24,2	28,7	в 2,5 раза
Количество чел. ч на 1 ц молока	2,63	2,25	1,72	1,51	0,85	0,57	21,7
Куплено скота молочных пород, голов	3991	2709	5779	9647	13950	4773	119,6
КФХ							
Поголовье коров, тыс. гол.	1,8	2,1	3,6	5,1	5,9	6,0	333,3
Валовое производство молока, тыс. т	5,5	6,3	8,0	14,1	18,8	17,3	в 3,1 раза

Table 1
Dynamics of the main indicators of milk production in agricultural organizations of the Kaluga region

Indicator	Year						2020 to 2010, %
	2010	2012	2014	2016	2018	2020	
Agricultural organizations							
Number of cows, thousand heads	45.7	48.0	44.7	46.6	56.8	77.8	170.2
Gross milk production, thousand tons	186.5	190.7	183.4	225.2	310.5	396.5	212.6
Milk yield from 1 cow, kg	4303	4739	5079	5871	6961	7885	183.3
Cost of milk production, rub/l	11.76	13.45	17.14	20.05	20.75	22.60	192.2
Cost of milk sold, rub/l	11.41	13.08	16.62	19.91	20.77	22.93	200.1
The selling price of milk, rub/l	12.70	14.28	20.06	23.96	25.79	29.51	232.4
Profit from 1 liter of milk, rub/l	1.29	1.20	3.44	4.05	5.02	6.58	5.1 times
Profitability level, %	11.3	9.2	20.7	20.3	24.2	28.7	2.5 times
Number of man-hour per 1 c of milk	2.63	2.25	1.72	1.51	0.85	0.57	21.7
Purchased dairy cattle, heads	3991	2709	5779	9647	13950	4773	119.6
Peasant (farm) farms							
Number of cows, thousand head	1.8	2.1	3.6	5.1	5.9	6.0	333.3
Gross milk production, thousand tons	5.5	6.3	8.0	14.1	18.8	17.3	3.1 times

Таблица 2
Меры государственной поддержки роботизированных ферм

Экономика

Показатель	Размер государственной поддержки
Приобретение роботизированных установок для доения коров	40 % затрат
Сервисное обслуживание роботизированных установок	90 % затрат
Потребление энергоресурсов	40 % затрат
Приобретение технологического оборудования для животноводства	40 % затрат
Строительство подъездных дорог	90 % затрат
Подключение к электро- и газовым сетям	90 % затрат
Субсидии на содержание племенного маточного поголовья	2500 руб/гол
Приобретение племенного молодняка сельскохозяйственных животных (есть ограничения)	10 % стоимости головы
Приобретение семени быков-производителей, улучшающих качество потомства, в том числе сексированного	20 % затрат
Приобретение эмбрионов КРС	20 % затрат
Возмещение прямых затрат на создание или модернизацию животноводческих комплексов молочного направления (имеются ограничения)	25 % фактической стоимости объекта
Субсидии на обеспечение прироста собственного производства молока (установлены ограничения)	1200 руб/кг
Субсидии на поддержку собственного производства молока при продуктивности коров: до 4999 кг от 5000 кг	0,3 руб/кг 0,61 руб/кг
Льготное кредитование на приобретение ГСМ, семян, молодняка сельскохозяйственных животных, кормов, ветпрепаратов и др. Приобретение новой с/х техники и оборудования. Строительство, реконструкция, модернизация зданий, строений и сооружений для производства и переработки продукции КРС. Приобретение племенной продукции (материала) для разведения	от 1 до 5 %

Table 2
Measures of state support for robotic farms

Indicator	The amount of state support
Purchase of robotic systems for milking cows	40 % of costs
Maintenance of robotic installations	90 % of costs
Energy consumption	40 % of costs
For the purchase of technological equipment for animal husbandry	40 % of costs
Construction of driveways	90 % of costs
Connection to electric and gas networks	90 % of costs
Subsidies for the maintenance of breeding stock	2500 rub/head
Acquisition of breeding young animals of agricultural animals (there are restrictions)	10 % of the cost of the head
Acquisition of seed from breeding bulls that improve the quality of offspring, including sexed ones.	20 % of costs
Acquisition of cattle embryos	20 % of costs
Reimbursement of direct costs for the creation or modernization of dairy livestock complexes (there are restrictions)	25 % of the actual cost of the object
Subsidies to ensure the growth of own milk production (restrictions are set)	1200 rub/kg
Subsidies to support own milk production with cow productivity: up to 4999 kg from 5000 kg	0.3 rub/kg 0.61 rub/kg
Preferential lending for the purchase of fuel, seeds, young agricultural animals, feed, veterinary medicines, etc. Purchase of new agricultural machinery and equipment. Construction, reconstruction, modernization of buildings, structures and facilities for the production and processing of cattle products. Acquisition of breeding products (material) for breedings	from 1 to 5 %

Анализ основных показателей производства молока в сельскохозяйственных организациях и КФХ Калужской области за длительный период (таблица 1) показывает, что в 2020 году производство молока в сельскохозяйственных организациях области выросло на 212,6 % по сравнению с 2010 годом, а в КФХ – в 3,1 раза. На увеличение производства молока в сельскохозяйственных организациях повлияли такие составляющие, как рост удоя молока от 1 коровы на 183,3 %, замена поголовья молочных пород высокопродуктивным скотом, увеличение поголовья молочного стада коров на 170,2 %. В исследуемый период наблюдается снижение затрат

труда в расчете на 1 ц молока с 2,63 до 0,57 чел. ч, что составляет 78,3 %, или в 4,6 раза, что обусловлено как повышением продуктивности молочного скота, так и внедрением роботизированного доения.

Перечисленные показатели указывают на высокую заинтересованность правительства области в развитии данной подотрасли.

Необходимо отметить ежегодный рост уровня рентабельности производства молока (таблица 1) на протяжении 11 лет с 8 % до 30,6 %, рост в 3,8 раза (за исключением снижения уровня в 2012 и 2017 гг.

Таблица 3

Мониторинг эффективности расходования финансовых средств государственной поддержки по ВЦП «Создание 100 роботизированных молочных ферм» в хозяйствах (всех форм собственности), применяющих роботизированное доение коров

Показатель	Год							2020 г. к 2014 г., %
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Поголовье коров, гол.	2149	4 108	4 964	4 937	5 413	5 391	4 187	101,9 к 2015 г.
Валовой надой молока, т	10 359	19 764	33 319	38 269	42 870	43 139	40 285	388,9
Реализовано молока, в % к валовому надоя	86,8	88,6	94,1	91,1	91,1	92,7	92,0	На 6 процентных пунктов
Реализовано молока, т	8 992	17 511	31 353	34 863	39 055	39 990	37 063	412,1
Реализационная цена молока, руб. за 1 л	20,15	22,71	23,62	25,74	24,45	25,43	26,27	130,3
Выручка от реализации молока, млн руб.	181,2	397,7	740,5	897,3	954,9	1016,9	973,6	537,3
Ежегодный прирост выручки, млн руб.	–	216,5	342,8	156,8	57,6	62,0	–43,3	$\Sigma = 792,4$
Получено финансирования по ВЦП, млн руб.	74,6	48,9	42,2	109,8	88,5	42,5	62,0	$\Sigma = 394,2$
Коэффициент общей эффективности расходования финансовых средств по ВЦП, %	–	443	812,3	142,8	65,0	145,9	–69,8	$\bar{\delta} = 201,0$

Table 3

Monitoring of the effectiveness of the expenditure of state support funds under the Departmental Target Program "Creation of 100 robotic dairy farms", in farms (all forms of ownership) using robotic milking of cows

Indicator	Year							2020 to 2014, %
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Number of cows, head	2149	4 108	4 964	4 937	5 413	5 391	4 187	101,9
Gross milk yield, tons	10 359	19 764	33 319	38 269	42 870	43 139	40 285	388,9
Milk sold, in % of gross milk yield	86.8	88.6	94.1	91.1	91.1	92.7	92.0	By 6 percentage points
Milk sold, tons	8 992	17 511	31 353	34 863	39 055	39 990	37 063	412,1
The selling price of milk, rubles per liter	20.15	22.71	23.62	25.74	24.45	25.43	26.27	130.3
Revenue from the sale of milk, million rubles	181.2	397.7	740.5	897.3	954.9	1016.9	973.6	537.3
Annual revenue growth, million rubles	–	216.5	342.8	156.8	57.6	62.0	–43.3	$\Sigma = 792.4$
Received funding under the program, million rubles	74.6	48.9	42.2	109.8	88.5	42.5	62.0	$\Sigma = 394.2$
The coefficient of the overall efficiency of spending funds under the program, %	–	443	812.3	142.8	65.0	145.9	–69.8	$\bar{\delta} = 201.0$

С целью более успешной и быстрой технической модернизации отрасли молочного скотоводства, Правительство Калужской области оказывает помощь агропромышленным предприятиям, одной из них является государственная поддержка в рамках Программы «Создание 100 роботизированных молочных ферм» (таблица 2).

Для расчета эффективности использования средств поддержки за период реализации ВЦП с 2014 по 2020 годы проведено настоящее исследование. В ходе мониторинга эффективности ВЦП (таблица 3) выявлено, что хозяйства, применяющие роботизированное доение коров, успешно реализуют государственную поддержку по ВЦП. На протяжении исследуемого периода в хозяйствах всех форм собственности коэффициент общей эффективности расходования финансовых средств по ВЦП составил в среднем 201 %, а в разные годы проекта – от –69,8 % до 812,3 %. На обслуживаемом роботизированными доильными установками поголовье валовой надой молока за 7 лет увеличился в 3,8 раза.

За исследуемый период произошли глобальные изменения в подотрасли области, которые не позволяют выделить долю экономической эффективности, приходящуюся на внедрение роботизированного доения в целом по области. Однако данный показатель можно проанализировать на примере

хозяйств, в которых не проводилась замена основного маточного поголовья высокопродуктивным, не произошли изменения в составе и качестве кормления коров, системе организации труда, смене технологии содержания коров и не было других причин, которые мешают объективной экономической оценке ВЦП. Исследования проведены в ряде хозяйств области, применяющих роботизированное доение коров: СПК «Русь» Хвастовичского района (показатели по данному хозяйству не могут в данном случае отражать чистоту эксперимента, и невозможно провести расчет эффективности роботизированного доения коров в связи с тем, что, кроме 2017 г., хозяйство не пользовалось субсидиями на роботизированное доение, а выручка за годы исследования падает в связи с заменой маточного поголовья), ЗАО «Кривское» Боровского района, КФХ Тарасенкова г. Калуга, ООО «Хотьково Думиничского района (таблица 4).

Коэффициент общей эффективности расходования финансовых средств государственной поддержки в КФХ Тарасенкова (таблица 6) варьируется по годам от –300 % до +3040 %, динамика показателей нестабильная. Положительным является рост валового производства молока за годы исследования на 91,1 % и рост продуктивности коров – на 9,8 %. Высокий уровень эффективности ВЦП в КФХ Тарасенкова обусловлен высокой реализационной ценой молока.

Таблица 4

Эффективность ВЦП «Создание 100 роботизированных ферм» на примере хозяйств области

Показатель	Год								2020 г. к 1 году роботиза- ции, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
СПК «Русь» Хвастовичского района									
Ежегодный прирост выручки, млн руб.	—	—	—	—	3,7	–3,3	–1,1	3,6	97,3
Получено финансирования по ВЦП, млн руб.	—	—	—	—	7,3	—	—	—	—
Коэффициент общей эффективности по ВЦП, %	—	—	—	—	50	—	—	—	—
ЗАО «Кривское» Боровского района									
Ежегодный прирост выручки, млн руб.	—	—	—	19,3	14,4	20,4	10,4	8,6	$\Sigma = 73,1$
Получено финансирования по ВЦП, млн руб.	5,8	5,0	2,4	7,0	13,2	7,8	8,0	7,8	$\Sigma = 43,8$
Коэффициент общей эффективности по ВЦП, %	—	—	—	276	109	261	130	110	$\bar{\delta} = 167$
КФХ Тарасенкова г. Калуга									
Ежегодный прирост выручки, млн руб.	—	—	—	6,9	1,0	15,2	–1,5	2,8	$\Sigma = 24,4$
Получено финансирования по ВЦП, млн руб.	—	—	14,8	—	0,8	0,5	0,5	1,3	$\Sigma = 3,1$
Коэффициент общей эффективности по ВЦП, %	—	—	—	—	125	3040	–300	215	$\bar{\delta} = 787$
ООО «Хотьково Думиничского района									
Ежегодный прирост выручки, млн руб.	—	—	—	—	–0,2	–3,6	0,3	15,8	$\Sigma = 3,1^*$
Получено финансирования по ВЦП, млн руб.	—	—	18,6	16,6	2,0	0,2	0,5	1,6	$\Sigma = 4,3$
Коэффициент общей эффективности по ВЦП, %	—	—	—	—	–10,0	1800	60,0	10,1	$\bar{\delta} = 38$

Table 4

Program effectiveness Departmental Target Program "Creation of 100 robotic farms" on the example of farms in the region

Indicator	Year								2020 to 1 year of robotization, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
SEC "Rus" of Khvastovichi district									
Annual revenue growth, million rubles	—	—	—	—	3.7	−3.3	−1.1	3.6	973
Received funding, million rubles	—	—	—	—	7.3	—	—	—	—
The coefficient of the overall efficiency of the expenditure of financial resources, %	—	—	—	—	50	—	—	—	—
CJSC "Krivskoe" of Borovsky district									
Annual revenue growth, million rubles	—	—	—	19.3	14.4	20.4	10.4	8.6	$\Sigma = 73.1$
Received funding, million rubles	5.8	5.0	2.4	7.0	13.2	7.8	8.0	7.8	$\Sigma = 43.8$
The coefficient of the overall efficiency of the expenditure of financial resources, %	—	—	—	276	109	261	130	110	$\bar{\delta} = 167$
Tarasenkov's farm of Kaluga									
Annual revenue growth, million rubles	—	—	—	6.9	1.0	15.2	−1.5	2.8	$\Sigma = 24.4$
Received funding, million rubles	—	—	14.8	—	0.8	0.5	0.5	1.3	$\Sigma = 3.1$
The coefficient of the overall efficiency of the expenditure of financial resources, %	—	—	—	—	125	3040	−300	215	$\bar{\delta} = 787$
LLC "Khotkovo" of Duminichi district									
Annual revenue growth, million rubles	—	—	—	—	−0.2	−3.6	0.3	15.8	$\Sigma = 3.1^*$
Received funding, million rubles	—	—	18.6	16.6	2.0	0.2	0.5	1.6	$\Sigma = 4.3$
The coefficient of the overall efficiency of the expenditure of financial resources, %	—	—	—	—	−10.0	1800	60.0	10.1	$\bar{\delta} = 38$

Таблица 5

Эффективность ВЦП «Создание 100 роботизированных ферм» на примере ЗАО «Кривское» Боровского района

Показатель	Год								2020 г. к 2013 г., %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Поголовье коров, тыс. гол.	400	400	445	445	445	490	490	490	110,1
Надой от 1 коровы, кг	6163	6270	6271	6614	7267	8327	8875	8882	141,6
Количество доярок, чел.	5	5	3	2	2	2	2	2	40,0
Количество тыс. чел. ч	18,0	18,0	18,0	18,0	9,8	9,0	8,0	8,0	44,4
Приходится чел. ч на 1 ц молока	0,73	0,71	0,70	0,6	0,3	0,2	0,18	0,18	24,6
Количество доильных роботов фирмы DeLaval, шт.	—	—	8	8	8	8	8	8	—
Валовое производство молока (на роботизированных установках), т	2465	2508	2653	2937	3234	3972	4348	4352	164,0
Реализовано молока, т	2310	2475	2430	2693	2972	3734	4087	4139	170,3
Реализационная цена молока, руб. за 1 л	—	—	22,11	27,12	29,42	29,14	28,91	30,63	—
Выручка от реализации молока, млн руб.	—	—	53,7	73,0	87,4	107,8	118,2	126,8	236,1
Ежегодный прирост выручки, млн руб.	—	—	—	19,3	14,4	20,4	10,4	8,6	$\Sigma = 73,1$
Получено финансирования по ВЦП, млн руб.	5,8	5,0	2,4	7,0	13,2	7,8	8,0	7,8	$\Sigma = 43,8$
Коэффициент общей эффективности по ВЦП, %	—	—	—	276	109	261	130	110	$\bar{\delta} = 167$

Table 5

The effectiveness of the Departmental Target Program "Creation of 100 robotic farms" by example CJSC "Krivskoe" of Borovskiy district

Indicator	Year								2020 to 2013, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Number of cows, head	400	400	445	445	445	490	490	490	110.1
Milk yield from 1 cow, kg	6163	6270	6271	6614	7267	8327	8875	8882	141.6
Number of milkmaids, people	5	5	3	2	2	2	2	2	40.0
Number of thousand hours/hour	18.0	18.0	18.0	18.0	9.8	9.0	8.0	8.0	44.4
Number of man-hour per 1 liter milk	0.73	0.71	0.70	0.6	0.3	0.2	0.18	0.18	24.6
Number of milking robots of the company DeLaval, pieces	–	–	8	8	8	8	8	8	–
Gross milk production (on robotic installations), tons	2465	2508	2653	2937	3234	3972	4348	4352	164.0
Milk sold, tons	2310	2475	2430	2693	2972	3734	4087	4139	170.3
The selling price of milk, rubles per 1 liter	–	–	22.11	27.12	29.42	29.14	28.91	30.63	–
Revenue from the sale of milk, million rubles	–	–	53.7	73.0	87.4	107.8	118.2	126.8	236.1
Annual revenue growth, million rubles	–	–	–	19.3	14.4	20.4	10.4	8.6	$\Sigma = 73.1$
Received funding under the program, million rubles	5.8	5.0	2.4	7.0	13.2	7.8	8.0	7.8	$\Sigma = 43.8$
Overall efficiency ratio for Departmental Target Program, %	–	–	–	276	109	261	130	110	$\bar{\sigma} = 167$

Среди нескольких анализируемых хозяйств чистоту эксперимента (учитываются только факторы роботизации доения коров) показали два хозяйства ЗАО «Кривское» и КФХ Тарасенкова (таблицы 5, 6).

Анализ основных показателей производства молока в ЗАО «Кривское» Боровского района (таблица 5) показывает эффективное использование финансовых средств государственной поддержки по ВЦП «Создание 100 роботизированных молочных ферм», коэффициент эффективности по годам исследований варьируется от 110 до 276 % при росте производства молока в период внедрения роботизации доения коров (2015–2020 гг.) на 64 %. Положительным аспектом анализа, стали трудозатраты в расчете на 1 ц молока, которые снизились в связи с внедрением роботизации доения на 75,4 %, а количество доярок сократилось с пяти до двух человек.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Коэффициент общей эффективности расходования финансовых средств в целом по области в среднем за весь период исследования составляет 201 %, что характеризует эффективность ВЦП. Во многих хозяйствах (в том числе среди исследуемых) по объективным причинам затруднена возможность расчета показателя эффективности государственной поддержки или он не дает достоверной картины исследования. На коэффициент эффективности ВЦП влияет множество факторов: замена маточного поголовья молочного скота с менее продуктивного на высокоудойное; качество кормления коров; система организации труда; смена технологии содержания (с привязного на беспривязное) и другие причины.

2. Расчет анализа эффективности государственной поддержки достоверен только в хозяйствах со стабильным технологическим процессом, отсутствием побочных факторов, влияющих на нее результат. Коэффициент общей эффективности расходования финансовых средств государственной поддержки в таких хозяйствах, как ЗАО «Кривское», КФХ Тарасенкова, по годам исследований составляет соответственно 167 % и 787 %.

3. На фоне роста производства молока с 2010 до 2020 год (в сельскохозяйственных организациях Калужской области – на 212 %, а в КФХ – в 3,1 раза) модернизация отрасли молочного скотоводства и постепенный перевод ее на роботизированное доение коров способствовала сокращению затрат труда на производство 1 ц молока (в целом по сельскохозяйственным организациям Калужской области с 2013 года) с 2,1 до 0,57 чел. ч, что составляет снижение на 73 %. Аналогичная динамика наблюдается в исследуемых хозяйствах: в ЗАО «Кривское» сокращение трудозатрат составило 75,4 % (с 0,73 до 0,18 чел. ч), что является подтверждением того, что применение роботов на молочных фермах способствует решению кадровых проблем.

4. Анализ работы ЗАО «Кривское», КФХ Тарасенкова, применяющих роботизированное доение коров (без учета сопутствующих факторов), подтверждает, что роботизация способствует увеличению продуктивности коров в этих хозяйствах на 41,6 и 9,8 % соответственно.

Таблица 6

**Эффективность ВЦП «Создание 100 роботизированных ферм»
на примере КФХ Тарасенкова г. Калуга**

Показатель	Год						2020 г к 2015 г., %
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Поголовье коров, тыс. гол.	116	116	146	151	151	174	150,0
Надой от 1 коровы, кг	5416	5428	5430	5582	5864	5949	109,8
Количество доильных роботов Lely, шт.	2	2	2	2	2	3	150,0
Валовое производство молока, т	584	722	831	978	1056	1116	191,1
Реализовано молока, т	568	672	727	918	1008	1075	189,2
Реализационная цена молока, руб. за 1 л	26,91	33,07	31,98	41,92	36,62	36,90	–
Выручка от реализации молока, млн руб.	15,3	22,2	23,2	38,4	36,9	39,7	259,5
Ежегодный прирост выручки, млн руб.	–	6,9	1,0	15,2	–1,5	2,8	$\Sigma = 24,4^*$
Получено финансирования по ВЦП, млн руб.	14,8	–	0,8	0,5	0,5	1,3	$\Sigma = 3,1^*$
Коэффициент общей эффективности расходования финансовых средств по ВЦП, %	–	–	125	3040	–300	215	$\bar{\delta} = 787,1$

Примечание. * К 2016 году.

Table 6

**The effectiveness of the Departmental Target Program “Creation of 100 robotic farms”
on the example of the Tarasenkova's farm of Kaluga**

Indicator	Year						2020 to 2015, %
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Number of cows, head	116	116	146	151	151	174	150.0
Milk yield from 1 cow, kg	5416	5428	5430	5582	5864	5949	109.8
Number of milking robots Lely, pieces	2	2	2	2	2	3	150.0
Gross milk production, tons	584	722	831	978	1056	1116	191.1
Milk sold, tons	568	672	727	918	1008	1075	189.2
The selling price of milk, rubles per 1 liter	26.91	33.07	31.98	41.92	36.62	36.90	–
Revenue from the sale of milk, million rubles	15.3	22.2	23.2	38.4	36.9	39.7	259.5
Annual revenue growth, million rubles	–	6.9	1.0	15.2	–1.5	2.8	$\Sigma = 24.4^*$
Received funding under the program, million rubles	14.8	–	0.8	0.5	0.5	1.3	$\Sigma = 3.1^*$
Overall efficiency ratio for Departmental Target Program, %	–	–	125	3040	–300	215	$\bar{\delta} = 787.1$

Note. * To 2016.

5. Наряду с очевидным преимуществом автоматических роботизированных доильных систем в процессе их эксплуатации обнаружен ряд проблемных моментов. Прежде всего, это их высокая стоимость и дорогое техническое обслуживание доильных роботов, а также необходимость реконструкции или строительства новых ферм в связи с переводом молочного стада коров на беспривязное

содержание, что влечет за собой увеличение себестоимости продукции и снижение рентабельности производства. Даже несмотря на многие направления государственной поддержки в этом вопросе, большая часть хозяйств не может преодолеть этот финансовый барьер, что ставит под угрозу реализацию ВЦП «Создание 100 роботизированных молочных ферм».

Библиографический список

1. Хисамов Р. Р., Загидуллин Л. Р., Каюмов Р. Р., Ломакин И. В. Способ отбора коров для доения на роботизированной установке // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. № 1. С. 210–214.
2. Чеченихина О. С. Эффективность внедрения роботизированной системы доения крупного рогатого скота // Аграрный вестник Урала. 2018. № 8 (185). С. 62–68.
3. Киселев Л. Ю., Камалов Р. А., Борисов М. Ю., Федосеева Н. А., Санова З. С. Современные технологии роботизированного доения коров // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 54–57.
4. Загидуллин Л. Р., Хисамов Р. Р., Шаидуллин Р. Р., Каюмов Р. Р., Нигматзянов С. М. Поведенческая активность коров в условиях роботизированного доения и ее связь с молочной продуктивностью // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 8. С. 10–12.

5. Горелик О. В., Федосеева Н. А., Киселев Л. Ю., Сойнова О. Л., Санова З. С. Частота доения коров – путь к увеличению молочной продуктивности в условиях роботизированных ферм // Аграрный вестник Урала. 2018. № 11 (178). С. 27–32.
6. Никитин М. В., Кондратьева Т. Н. Технологический проект роботизации фермы // Современные ресурсосберегающие технологии производства молока: от теории к практике: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Великий Новгород, 2018. С. 243–248.
7. Симонов Г. А., Никифоров В. Е., Иванова Д. А., Филиппова О. Б. Роботизированная технология доения коров повышает эффективность производства молока // Наука в центральной России. 2020. № 5 (47). С. 74–81.
8. Суровцев В. Н., Никулина Ю. Н. Эффективность освоения систем роботизированного доения // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 3–7.
9. Комлацкий Г. В., Мельниченко А. А., Лазарев Д. О. Перспективы использования роботизированного доения в малых формах хозяйствования // Аграрный научный журнал. 2020. № 11. С. 117–120.
10. Федосеева Н. А., Санова З. С., Ананьева Е. В. Роботизация – залог успешного развития молочного скотоводства Калужской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 149–154.
11. Shilov A. I., Lyashuk R. N. Milk production on a modern dairy farm // Bulletin of agrarian science. 2021. No. 3 (90). Pp. 101–106.
12. Лысенко Ю. Поладят ли буренки с роботом // Эффективное животноводство. 2021. № 6 (172). С. 80–84.
13. Симонов Г. А., Никифоров В. Е., Филиппова О. Б. Преимущества роботов перед традиционной технологией доения коров // Наука в центральной России. 2020. № 4 (46). С. 54–62.
14. Кузнецова Л. В. Современные методы государственной поддержки сельскохозяйственных организаций в условиях реализации программ, принятых правительством калужской области // Владимирский земледелец. 2019. № 1 (87). С. 51–54.
15. Косякова Л. Н., Попова А. Л. Оценка государственной поддержки в условиях развития региональных стратегий АПК // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов. Санкт-Петербург, 2018. С. 83–86.

Об авторах:

Любовь Васильевна Кузнецова¹, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-6225-1663, AuthorID 822041; +7 961 006-57-48, torg.kniish@mail.ru

Владимир Николаевич Мазуров¹, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, ORCID 0000-0003-3427-0116, AuthorID 178413; +7 910 913-98-71, knipti.mazurov@mail.ru

¹ Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А. Г. Лорха, Калуга, Россия

The effectiveness of the implementation of the Departmental Target Program “Creation of 100 robotic dairy farms in the Kaluga region”

L. V. Kuznetsova[✉], V. N. Mazurov¹

¹ Kaluga Research Agriculture Institute – branch of the A. G. Lorkh Federal Potato Research Center, Kaluga, Russia

[✉]E-mail: torg.kniish@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to analyze the effectiveness of the implementation of the “Creation of 100 robotic dairy farms” in the Kaluga region, the economic assessment of the implementation of the Program to identify its positive and negative sides. **Research methods.** The research was carried out in the scientific department – Economics and Organization of the Kaluga Research Institute of Agricultural Sciences – branch of the A. G. Lorkh Federal Potato Research Center in accordance with generally accepted methods and the methodology of the standard assessment of the effectiveness of the Departmental Target Program approved by Order No. 592-p of the Ministry of Economic Development of the Kaluga Region dated 05.06.2008 (as amended by Order No. 1177 of the Ministry of Economic Development of the Kaluga Region dated 16.11.2016-p) No. 1177-p). **Results.** Studies of the effectiveness of the implementation of the Departmental Target Program “Creation of 100 robotic dairy

farms” in the Kaluga region have shown the effectiveness of regional support measures. The coefficient of overall efficiency of spending funds, on average for the entire period of the study is 201 %, with variations over the years of research from –69.8 to 812.3 %. Milk production in agricultural organizations and peasant (farmer) farms of the Kaluga region increased by 212.6 % compared to 2010, and in farms – by 3.1 times. In the context of farms: according to JSC “Krivskoye” from 110 to 276 % (on average, according to the study, 167 %), with an increase in milk production during the introduction of robotization of milking cows (from 2015 to 2020) 164 %; according to the Tarasenkovo farm from –300 to 3040 % (on average, according to the study, 787 %). Against the background of an increase in milk production, the transfer to robotic milking of cows contributed to a reduction in labor costs for the production of 1 kg of milk from 2013 in the Kaluga region from 2.63 to 0.57 man-hour, a decrease of 73 %. A similar dynamics is observed in CJSC “Krivskoe”, a reduction in labor costs of 75.4 % (from 0.73 to 0.18 man-hour). **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of the region, an analysis of the main results of the work of agricultural producers participating in the Departmental target program was carried out, an assessment of the effectiveness of implementation was given on the example of a separate agricultural organization, a farm, and the region as a whole.

Keywords: analysis, economic efficiency, efficiency, robotization of milking cows, Departmental Target Program “Creation of 100 robotic dairy farms”.

For citation: Kuznetsova L. V., Mazurov V. N. Rezul'tativnost' realizatsii VTsP “Sozдание 100 robotizirovannykh molochnykh ferm v Kaluzhskoy oblasti” [The effectiveness of the implementation of the Departmental Target Program “Creation of 100 robotic dairy farms in the Kaluga region”] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 79–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-79-90. (In Russian.)

Date of paper submission: 21.03.2022, **date of review:** 08.04.2022, **date of acceptance:** 25.04.2022.

References

1. Khisamov P. R., Zagidullin L. R., Kayumov R. R., Lomakin I. V. Sposob otbora korov dlya doyeniya na robotizirovannoy ustanovke [Method of selection of cows for milking on a robotic installation] // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. 2021. No. 1. Pp. 210–214. (In Russian.)
2. Chechenikhina O. S. Effektivnost' vnedreniya robotizirovannoy sistemy doyeniya krupnogo rogatogo skota [The effectiveness of the introduction of a robotic milking system for cattle] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 8 (185). Pp. 62–68. (In Russian.)
3. Kiselev L. Yu., Kamalov R. A., Borisov M. Yu., Fedoseeva N. A., Sanova Z. S. Sovremennyye tekhnologii robotizirovannogo doyeniya korov [Modern technologies of robotic milking of cows] // Russian Agricultural Science. 2019. No. 3. Pp. 54–57. (In Russian.)
4. Zagidullin L. R., Khisamov R. R., Shaydullin R. R., Kayumov R. R., Nigmatzyanov S. M. Sovremennyye tekhnologii robotizirovannogo doyeniya korov [Behavioral activity of cows in the conditions of robotic milking and its relation to milk productivity] // Dairy and meat cattle breeding. 2020. No. 8. Pp. 10–12. (In Russian.)
5. Gorelik O. V., Fedoseeva N. A., Kiselev L. Yu., Soysova O. L., Sanova Z. S. Chastota doyeniya korov – put' k uvelicheniyu molochnoy produktivnosti v usloviyakh robotizirovannykh ferm [The frequency of milking cows is the way to increase milk productivity in the conditions of robotic farms] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 11 (178). Pp. 27–32. (In Russian.)
6. Nikitin M. V., Kondrat'eva, T. N. Tekhnologicheskii proyekt robotizatsii ferm [Technological project of farm robotization] // Sovremennyye resursoberegayushchiye tekhnologii proizvodstva moloka: ot teorii k praktike: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Velikiy Novgorod, 2018. Pp. 243–248. (In Russian.)
7. Simonov G. A., Nikiforov V. E., Ivanova D. A., Filippova O. B. Robotizirovannaya tekhnologiya doyeniya korov povyshayet effektivnost' proizvodstva moloka [Robotic cow milking technology increases milk production efficiency] // Science in the Central Russia. 2020. No. 5 (47). Pp. 74–81. (In Russian.)
8. Surovtsev V. N., Nikulin Yu. N. Effektivnost' osvoyeniya sistem robotizirovannogo doyeniya [Efficiency of mastering robotic milking systems] // Dairy and beef cattle. 2018. No. 8. Pp. 3–7. (In Russian.)
9. Komlatsky G. V., Mel'nichenko A. A., Lazarev D. O. Perspektivy ispol'zovaniya robotizirovannogo doyeniya v malykh formakh khozyaystvovaniya [Prospects for the use of robotic milking in small forms of management] // Agrarian scientific journal. 2020. No. 11. Pp. 117–120. (In Russian.)
10. Fedoseeva N. A., Sanova Z. S., Ananyeva E. V. Robotizatsiya – zalog uspeshnogo razvitiya molochnogo skotovodstva Kaluzhskoy oblasti [Robotization is the key to the successful development of dairy cattle breeding in the Kaluga region] // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2018. No. 2. Pp. 149–154. (In Russian.)
11. Shilov A. I., Lyashuk R. N. Proizvodstvo moloka na sovremennoy molochnoy ferme [Milk production on a modern dairy farm] // Bulletin of Agrarian Science. 2021. No. 3 (90). Pp. 101–106.

12. Lysenko Yu. Poladyat li burenki s robotom [Will the cows get along with the robot] // Efficient animal husbandry. 2021. No. 6 (172). Pp. 80–84. (In Russian.)
13. Simonov G. A., Nikiforov V. E., Filippova O. B. Preimushchestva robotov pered traditsionnoy tekhnologiyey doeniya korov [Advantages of robots over traditional cow milking technology] // Science in Central Russia. 2020. No. 4 (46). Pp. 54–62. (In Russian.)
14. Kuznetsova L. V. Sovremennyye metody gosudarstvennoy podderzhki sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy v usloviyakh realizatsii programm, prinyatykh pravitel'stvom kaluzhskoy oblasti [Modern methods of state support of agricultural organizations in the context of the implementation of programs adopted by the Government of the Kaluga region] // Vladimir agricolist. 2019. No. 1 (87). Pp. 51–54. (In Russian.)
15. Kosyakova L. N., Popov A. L. Otsenka gosudarstvennoy podderzhki v usloviyakh razvitiya regional'nykh strategiy APK [Assessment of state support in the context of the development of regional strategies of the agro-industrial complex] // Nauchnoye obespecheniye razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya: sbornik nauchnykh trudov Saint-Petersburg, 2018. Pp. 83–86. (In Russian.)

Authors' information:

Lyubov' V. Kuznetsova¹, candidate of economic sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-6225-1663, AuthorID 822041; +7 961 006-57-48, *torg.kniish@mail.ru*

Vladimir N. Mazurov¹, candidate of agricultural sciences, director, ORCID 0000-0003-3427-0116, AuthorID 178413; +7 910 913-98-71, *knipti.mazurov@mail.ru*

¹Kaluga Research Agriculture Institute – Branch of Russian Potato Research Centre, Kaluga, Russia

Advanced innovative development of the agro-industrial complex based on the patent information resource

A. G. Mokronosov¹✉, T. R. Asylguzhin², I. N. Mavrina³

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

²Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

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

✉E-mail: amokronosov@mail.ru

Abstract. Relevance. The article is devoted to the issue of activation of the domestic agro-industrial complex's (APC) patent and licensing activities as the most important resource of its advanced innovative self-development and effective adaptation to new realities caused by patterns of the large-scale transformational changes in the processes of changing technological setups, as well as the need to minimize unfriendly states' unprecedented sanctions aimed at restricting access to goods and technologies with a high intellectual component. The study relevance of the forced transfer issue of the agro-industrial complex of rural areas to the intellectual development vector increases sharply due to the insufficient development of methodological tools for assessing the use effectiveness of its intangible assets in terms of achieving strategic goals of ensuring food security and sovereign self-development of the Russian Federation regions. **The purpose** of the research is to assess the current state and prospects for the transition of Russian APC to an intellectual development vector based on the information resource patent. The main **research methods** are the following: 1) scientometric analysis of the research's publication field; 2) data economic and statistical analysis on the state of agriculture in the Russian regions; 3) rating method for assessing agriculture in the Russian regions; 4) ecosystem approach to evaluating the patent activity effectiveness. **Results.** Special attention in the methodology of the author's research was paid to the issues of increasing the regional agro-industrial clusters' patent potential based on an ecosystem approach to intellectual property management. The proposed methodological tools of the study make it possible to timely clarify the priority directions for the new structure formation of the intellectual property ecosystem in the agro-industrial complex of the Russian regions, transfer from managing import substitution processes to proactive import substitution projects management, strengthen territorial integrity and expand the institutions' range of coordinating high-tech projects and supporting the development of highly intelligent entrepreneurship networks. **The scientific novelty** of the research results lies in the application of an ecosystem approach in the assessment of the effectiveness in patent activities of APC and agriculture of the constituent entities of the Russian Federation, as it makes it possible to determine the monetary and institutional factors of their uneven access to competencies of intellectual property management.

Keywords: agro-industrial complex, innovative self-development, intellectual property, patent potential, advanced competitiveness.

For citation: Mokronosov A. G., Asylguzhin T. R., Mavrina I. N. Operezhayushchee innovatsionnoe razvitie agropromyshlennogo kompleksa na osnove resursa patentnoy informatsii [Advanced innovative development of the agro-industrial complex based on the patent information resource] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 91–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-91-100. (In Russian.)

Date of paper submission: 22.05.2022, **date of review:** 10.06.2022, **date of acceptance:** 30.06.2022.

Introduction

In the context of the transition to new technological structures, the fourth industrial revolution, the boundaries of human knowledge are significantly expanding, and the level of intellectualization of production is increasing. The global competition for human capital, its intellectual competence, as a factor in ensuring the sustainable competitiveness of the national economy, is intensifying [1; 2].

The large-scale sanctions of Western countries aimed at destroying the Russian economy are largely focused on restricting the access of Russian enterprises to real knowledge and the results of intellectual activity.

The sanctions had a mixed effect on the agro-industrial complex (AIC). On the one hand, they destroyed the existing partnership business chains, which reduced

the sustainability of the country's food security. First of all, this was reflected in the ban on the supply of high-tech equipment, smart agricultural machinery (energy-saturated tractors, grain and forage harvesters, sprayers, fertilizer machines, self-propelled mowers, seeders) and software (agronavigators, precision farming system, automatic driving system). The ban on weather data has affected successful irrigation rationing and water use planning, and GPS failures lead to errors in plant nutrition. Seeds for a number of imported crops are in the embargo risk zone. The sanction mainly affected advanced highly intelligent technological solutions protected by intellectual property: agricultural machinery – by industrial patents, software – by copyright, seeds of agricultural crops – by patents for breeding achievements.

On the other hand, the unprecedented pressure from unfriendly countries increased the impetus for the development of local companies, intensified the process of import substitution, which became a powerful factor in preserving and strengthening the technological sovereignty of Russian farmers. The strategic goal of the domestic agro-industrial complex is the elimination of dependence on imported technologies and the comprehensive development of the production of products with a high intellectual component, the creation of new intellectually protected technologies in the agricultural sector, and innovative infrastructure in agricultural municipalities.

The urgency of the problem of accelerating the transition of the agro-industrial complex and agriculture to an innovative vector of development, increasing the effectiveness of intellectual property is increasing due to the exceptional importance of the industry in ensuring food security. It is no coincidence that in the recent speeches of the President, priority is given to strengthening the technological and scientific sovereignty of the country's agriculture¹. The actualization of the problem is also due to the unevenness of the existing economic and institutional access of agribusiness and agriculture enterprises to patent information and the development of patent potential.

The purpose of the study is to analyze the causes of low innovation activity and assess the prospects for the forced transition of Russian agro-industrial and agricultural enterprises to the intellectual vector of development based on the resource of patent information.

Methods

The scientific research was based on the ecosystem approach, the research process used statistical data from the Federal State Statistics Service, data from the Federal Customs Service, data from the bibliographic and abstract database of publications in scientific jour-

nals and patents. Applied research was based on the use of statistical methods for collecting and processing data, there were used methods of comparative, abstract-logical, scientometric analysis.

Results

Theoretical studies have proved that in the new economy, the innovative vector of development of the domestic agro-industrial complex is based on intangible assets (IA), including intellectual property, however, the existing methodological tools for studying its creative, creative potential require in-depth development and adaptation to the realities of hybrid wars in which the intellectual property of the agro-industrial complex of the Russian regions plays the role of a key factor in ensuring their sovereign competitive self-development.

In connection with the need for a deeper consideration of the economic essence of the term "intellectual property", the authors are faced with the task of analyzing the properties of the described phenomenon as widely as possible, including their interpretation in scientific publications. To solve this problem, there was made a selection of the most relevant scientific literature on this topic and was carried out a scientometric analysis of the publication field of research. Publications were identified using a bibliographic and abstract database and a citation tracking tool for articles published in scientific journals. The search was conducted by title, abstract, keywords, retrospective – 10 years (Figure 1).

A review of recent scientific publications has shown a wide range of areas of study of the problem. So, E. M. Voloshchenko and N. S. Belokurenko propose to consider the management of intangible assets at agribusiness enterprises based on an object-oriented approach to the formation of an intelligent management system, without focusing on the need to account for and analyze external intangible assets of current and future stakeholders [3].

A. K. Daribaeva, F. A. Shulenbaeva, K. M. Madenova considering the methods for assessing the innovative activity of agricultural enterprises, determining the factors affecting the innovative activity of the agro-industrial complex, and the criteria for evaluating innovative-active agricultural enterprises, note the heterogeneity of the innovative activity of economic entities depending on their regional affiliation, and to solve the problem, they propose to create a system for the dissemination and implementation of knowledge scientific, technical and innovative activities for rural producers [4].

Mabiala Gilbert reveals the issues of the systemic deterioration of the state of affairs in the country's agro-industrial complex and the role of managing the innovation process in ensuring the conditions for the systematic development of production. The author in the article identified the determinants that negatively affect the development of the agro-industrial complex

¹ Decree of the President of the Russian Federation of March 16, 2022 No. 121 "On measures to ensure socio-economic stability and protection of the population in the Russian Federation". URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203160012?index=0&rangeSize=1> (date of reference: 20.05.2022).

and offered recommendations on the formation of an adequate system for managing innovative development in the agro-industrial complex, without disclosing the importance of partner entrepreneurial networks for the sustainable outstripping development of the agro-industrial complex [5].

M. S. Petukhova proposes a mechanism and structure for the formation of an ecosystem of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the region, functioning on the basis of the interaction of institutions of science, education and business in her article. The key element of the proposed ecosystem is the Center for Forecasting and Monitoring of Scientific and Technological Development of the Agro-Industrial Complex, which, through foresight research, is able to determine promising areas of research and development for research institutes, the most demanded competencies and specialties for educational institutions in the future, and critical technologies for business. A feature of the article is the study of the influence of intellectual property on the final result of research work, without analyzing the use of patent information as a tool for early detection of potential competitors and ecosystem stakeholders [6].

I. V. Velikanova, T. A. Rozhmina, R. A. Popov touch upon the issues of stimulating innovative and inventive activities of the agro-industrial complex in relation to the procedure for calculating and justifying the amount of royalties paid for the creation and use of patents for a selection achievement, concluding that that as an element of the management of intangible assets, license agreements are the key to the development of an innovative environment for the agro-industrial complex, allowing the dissemination of advanced technologies across the country's regions and stimulating innovative research in the field of agricultural production [7].

Justice A. Tambo et al. highlights the problems of innovation and protection of intellectual property rights of small agricultural enterprises, the possibility of using intellectual property by innovative farmers based on the creation of a system of open agricultural innovations [8].

Tuan Nguyen-Anh et al. consider internal and external factors of the development of intellectual property of small and medium-sized enterprises in the agricultural sector, giving examples when intellectual property reduces the efficiency of enterprises due to the lack of a favorable innovation environment and strategically effective incentives for making breakthrough changes [9].

The main conclusion of the scientific publications dynamics analysis' over the years can be considered that in the domestic space there is a stable interest in all the requests under consideration, with a small peak in scientific interests in 2016–2017. However, the number of articles that touch upon the difficulties of the agro-industrial complex and the municipality is much less than publications that reveal the problems of enterprises. The stable but insignificant interest of the scientific community in the implementation of intellectual property in the agricultural sector and the agro-industrial complex is a threat to achieving the strategic goals of innovative advanced development of regions in the new realities of the sanctions economy. The lack of an extensive scientific study of understanding the development of innovative processes in the agro-industrial sectors makes it difficult to stimulate the development of advanced technologies, which seems to be relevant for the Russian economy.

Following the scientific community, agro-industrial enterprises paid little attention to the innovative development of their own production. The level of innovative activity of agricultural organizations is three times behind the industrial ones (Figure 2).

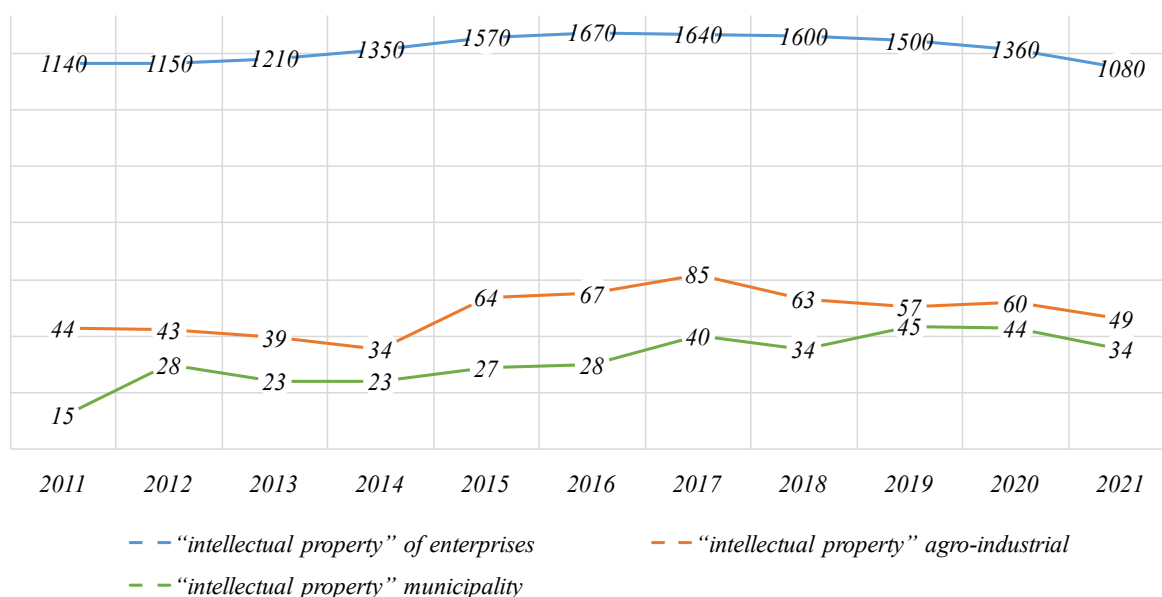


Fig. 1. Dynamics of the number of scientific publications

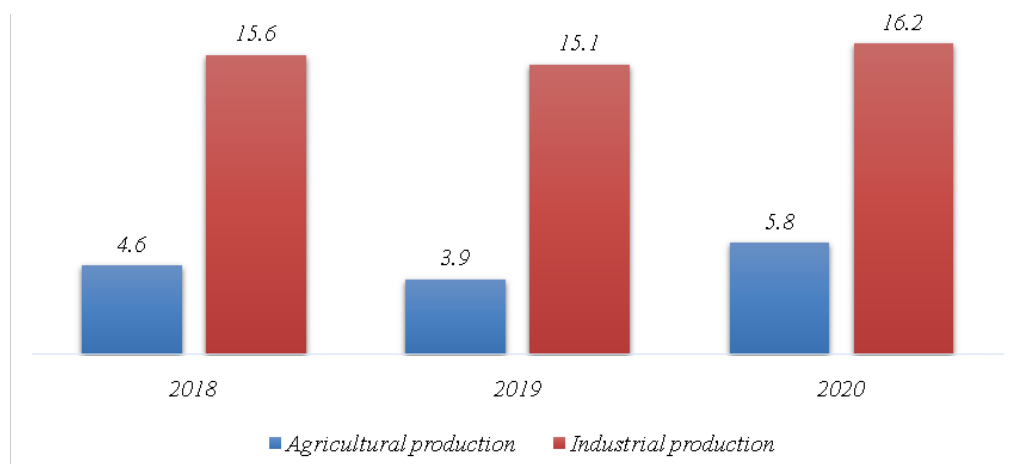


Fig. 2. The level of innovation activity of organizations

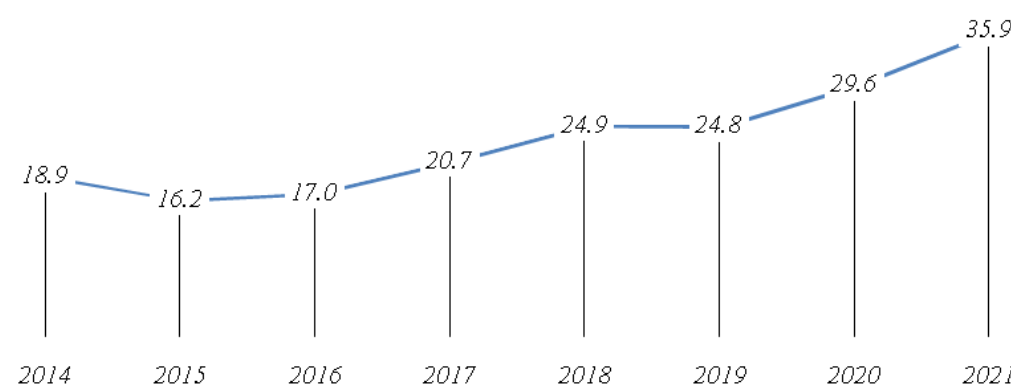


Fig. 3. Export of agricultural products (\$ billion)

Understanding the development of processes in highly intelligent industries is important for creating an innovation-driven environment. Russia in 2020 took 45th place in the Global Innovation Index with a share of spending on R&D of 1 % of GDP, while China spent 2.2 % on R&D, the USA – 3.1 %, Germany – 3.2 %, Sweden – 3.4 %, and Israel (world leader) – 4.9 %².

The results of the review of domestic practice show that the direct economic effects obtained through the implementation of innovative activities are primarily expressed in improving the quality of products and preserving traditional sales markets. More than a third of large and medium-sized industrial production organizations indicated them as the main result (37.6 % each). Over 36 % of companies noted the expansion of the range of goods and services, a quarter – the growth of production capacity. Every fifth organization has achieved compliance with modern technical regulations, rules and standards. Another 16.9 % assessed the impact of innovation on improving information links within the organization and (or) with other organizations [10].

According to Rosstat, the domestic intellectual property market of agricultural production is character-

ized by a low share of innovative goods, works, services in the total volume of shipped goods (2 %), an average share of costs for innovative activities in the total volume of shipped goods, works, services (3.3 %), low share of organizations implementing technological innovations (9.4 %)³. These factors do not allow forming the image of the agro-industrial complex as a high-tech cluster capable of abandoning foreign goods and creating their own advanced technologies. Therefore, in order to achieve import independence and industrial security of the country, it is necessary to develop our own innovative solutions in the field of agricultural production.

The agricultural production sector plays a key role in creating a sustainable Russian economy. The agro-industrial complex is responsible not only for the country's food security, but also is an important export product of the Russian Federation to the CIS countries and far abroad. The share of exports of food products and raw materials for their production in the commodity structure of exports in 2021 amounted to 7.3 %. Over 6 years, the foreign trade turnover of the agro-industrial complex increased 2.2 times from \$ 16.2 billion in 2016 to \$ 35.9 billion in 2021 (Figure 3).

² Global Innovation Index 2021. URL: <https://www.wipo.int> (date of reference: 20.03.2022).

³ Federal State Statistics Service. URL: <https://www.rosstat.gov.ru> (дата обращения: 13.05.2022).

Table 1

Assessment of inequality of access to the patent information resource as a factor of advanced innovative self-development of the agro-industrial complex and the population of rural areas⁴

	Patent Activity Index (2018–2019)	GRP in 2020 (Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming)	Agro-industrial complex exports in 2020 (Vegetable products)	Information on the use of breeding achievements for 2020
I	Differs from the leader's result by no more than 20 % Ivanovo region; Moscow; Moscow region	Differs from the leader's result by no more than 20 % Krasnodars krai	More than \$ 1 billion Rostov region; Moscow; Krasnodar krai	More than 100 patents Krasnodar krai; Rostov region; Stavropol territory; Republic of Tatarstan; Moscow
II	Differs from the leader's result by more than 20 %, but not more than 40 % St. Petersburg; Tomsk region; Kursk region; Voronezh region	Differs from the leader's result by more than 20 %, but not more than 40 % Rostov region; Belgorod region; Republic of Tatarstan	More than \$ 150 million, but less than \$ 1 billion St. Petersburg; Kaliningrad region; Smolensk region; Altai krai; Novosibirsk region; Voronezh region; Lipetsk region; Primorsky krai	More than 20 patents, but less than 100 patents Sverdlovsk region; Saratov region; Moscow region; Tver region; Altai krai; Primorsky krai; Tambov region; Astrakhan region; Omsk region
III	Differs from the leader's result by more than 40 %, but not more than 60 % Republic of Tatarstan; Ryazan region; Vladimir region; Kaluga region; Novosibirsk region; Mari El Republic; Krasnoyarsk krai; Rostov region; Republic of Bashkortostan; Yaroslavl region; Samara region; Republic of Kalmykia; Republic of North Ossetia – Alania; Sverdlovsk region; Tver region; Perm region; Omsk region; Volgograd region; Penza region; Belgorod region; Nizhny Novgorod region; Sevastopol	Differs from the leader's result by more than 40 %, but not more than 60 % Voronezh region; Republic of Dagestan; Volgograd region; Saratov region; Tambov region; Republic of Bashkortostan	More than \$ 50 million, but less than \$150 million Stavropol krai; Amur region; Omsk region; Saratov region; Tambov region; Kursk region; Krasnoyarsk krai; Tula region; Oryol region; Bryansk region; Volgograd region; Orenburg region; Republic of North Ossetia – Alania; Moscow region; Belgorod region	Less Than 20 Patents Vladimir Region; Voronezh Region; Krasnoyarsk Krai; Amur Region; Republic Of Bashkortostan; Kurgan Region; Chelyabinsk Region; Republic Of Sakha (Yakutia); Bryansk Region; Ryazan Region; Republic Of Crimea; Sakhalin Region; Kursk Region; Perm Krai; Republic Of Mordovia; St. Petersburg; Tomsk Region; Khabarovsk Krai; Lipetsk Region; Republic Of Komi; Smolensk Region; Republic Of Karelia; Volgograd Region; Karachay-Cherkess Republic; Udmurt Republic; Kirov region; Nizhny Novgorod region; Tyumen region
IV	The remaining 56 subjects of the Russian Federation	The remaining 75 subjects of the Russian Federation	The remaining 59 subjects of the Russian Federation	The remaining 40 subjects of the Russian Federation

⁴ Compiled by the authors according to the following data:

1. Rating of innovative development of subjects of the Russian Federation. Vol. 7 [11].

2. Federal Customs Service. Export and import of the Russian Federation by goods for 2020. URL: <https://customs.gov.ru/folder/502> (date of reference: 14.05.2022)

3. Federal State Statistics Service. Information on the use of intellectual property objects by constituent entities of the Russian Federation for 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (date of reference: 14.05.2022)

4. Federal State Statistics Service. Information on the use of intellectual property objects by constituent entities of the Russian Federation for 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (date of reference: 14.05.2022)

Table 1 and Figure 4 present a comparative assessment of the inequality of access to a resource of patent information. The results of a comparative analysis show that regions with a high level of export activity of agricultural products (more than \$ 1 billion per year)

are more interested in the use of highly intelligent solutions, being, in particular, leaders in the use of patents for breeding achievements. The created leading competitive advantages based on intangible assets are one of the reasons for successful export activity.

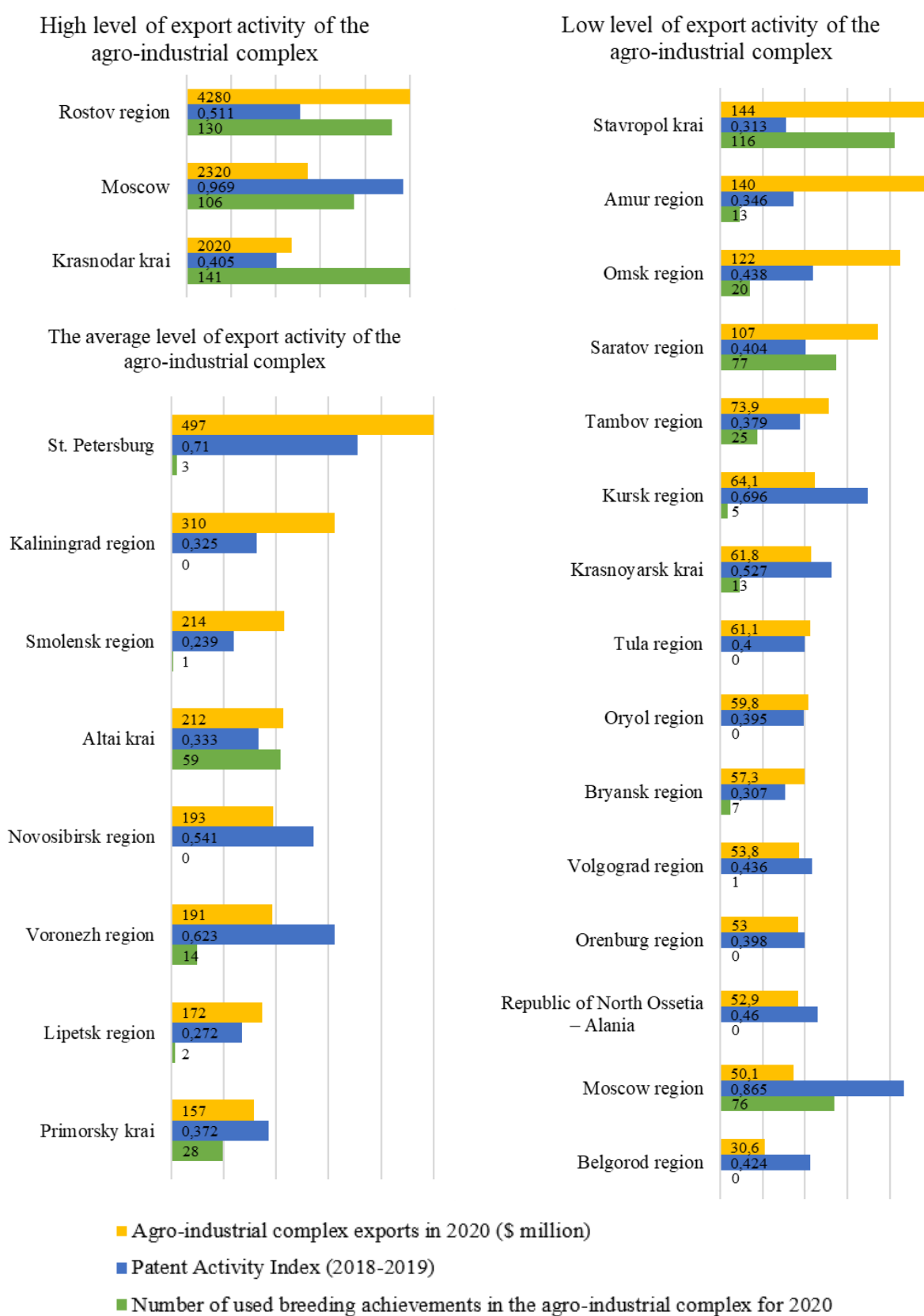


Fig 4. Comparative characteristics of Russian regions

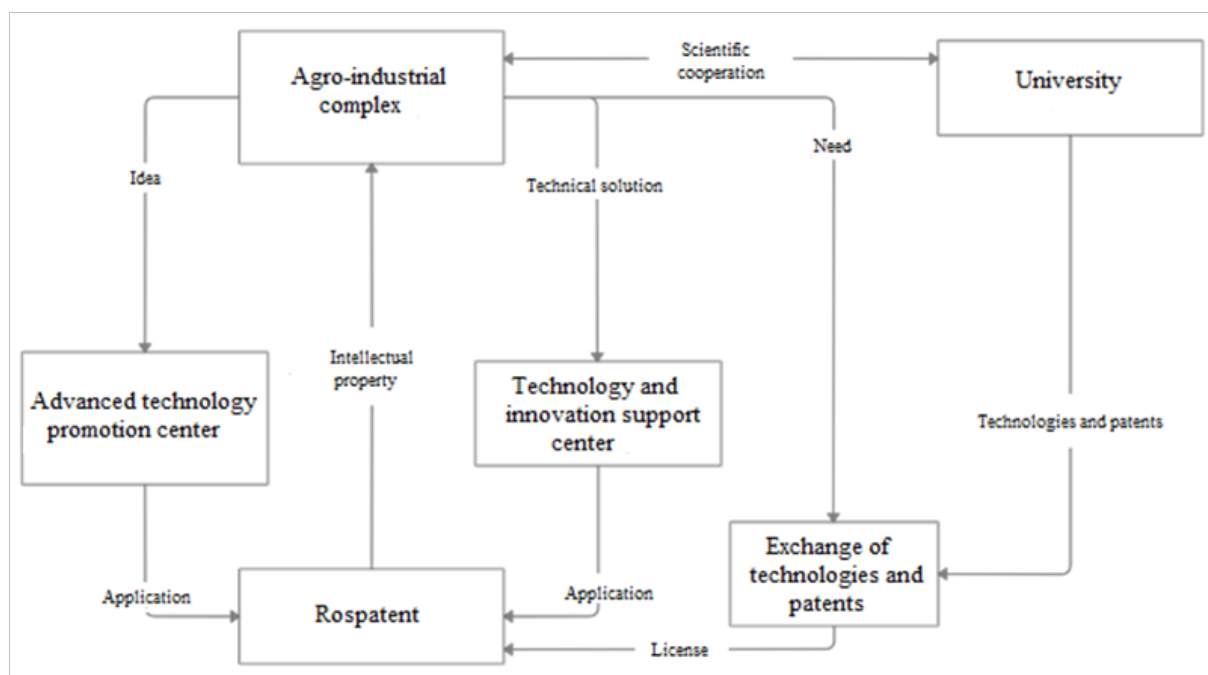


Fig. 5. The model of interaction of the agro-industrial complex with the ecosystem of intellectual property.
Source: compiled by the authors

The situation is somewhat different for regions with medium (more than \$ 150 million, but less than \$ 1 billion) and low (more than \$ 50 million, but less than \$ 150 million) level of export activity. It is noticeable among these agricultural enterprises the existing uneven use of intellectual property objects to achieve the outstripping competitiveness of the agro-industrial complex. Stavropol Territory, Saratov Region, Moscow Region, Altai Territory produce products under patents for selection achievements. The Novosibirsk Region, the Voronezh Region, the Kursk Region with significant patent activity introduce breeding achievements into their production an order of magnitude less. The remaining regions have both weak patent activity and insignificant use of breeding achievements. These indicators indicate uneven access of regional clusters of the agro-industrial complex to patent information due to institutional and financial constraints.

In the face of unprecedented sanctions pressure, Russia urgently needs much more effort and innovation in order to sustainably implement import substitution and increase agricultural productivity, create a new sustainable global partner value chain for creating agricultural products. Therefore, in order to reach an optimistic scenario, it is necessary to rapidly self-develop the agro-industrial complex capable of creating its own business chains in order to achieve import independence in agricultural production.

Last year, in order to meet the realities of the new economy, Rospatent has been expanding the possibilities of using the intellectual property tool through the creation of an intellectual property ecosystem (EXIS). The economic essence of EXIS integrates innovative (creation of new values based on a patent resource),

digital (integration of IP management processes on a single digital platform of Rospatent) and network (formation of national and international innovative business networks based on new knowledge) aspects of the ecosystem approach [12]. Consequently, the emerging intellectual property ecosystem based on Rospatent, which contributes to the technological and innovative development of the Russian Federation, can accelerate the creation of protected domestic agricultural technologies and the discovery of new partner networks, both international and municipal. Figure 5 shows a model of interaction with the Agro-industrial complex with EXIS to create new agricultural technologies.

A special role in the intellectual property ecosystem is played by the quality and availability of services to support and support innovative activities in the region. Technology and Innovation Support Centers (TISCs), as an element of EXIS, accumulate resources, experience, prospects, communications, create a developing space for working on innovative projects: from an idea, search for technological solutions, registration of applications and license agreements to implementation in regional production [13].

The task of the TISC is to intensify inventive and innovative activities in the regions of Russia, to promote the creation of intellectual property objects and their use in economic circulation. These Centers provide access to patent databases and other scientific and technical resources, conduct consultations and patent research, assist in the registration and licensing of intellectual property. More than 170 existing centers for technology and innovation support, being an important element of the EXIS, are able to accelerate the growth of intellectual resources of the agro-industrial complex

and municipalities to ensure the outstripping competitiveness of the country's agriculture.

In the spring of 2022, began to function a new element of the intellectual property ecosystem – a specialized center for the promotion of advanced technologies. The new department coordinates science-intensive projects aimed at replacing foreign products and technologies. The main task of the center is to coordinate high-tech projects, including those aimed at replacing foreign goods and technologies, both in the industrial sector and in the segment of consumer products. The center in an accelerated mode brings to the Russian market new domestic products with improved technical and economic indicators in relation to the sanctioned samples. In addition, its task is to develop the practice of comprehensive legal protection of advanced domestic developments for their full-fledged commercial success. The key area of work is to help institutions and enterprises identify innovative science-intensive solutions and bring them to protectability and commercialization.

At the moment, the center is actively using a recognized scientific and technical approach as reverse engineering. The agro-industrial complex, having used the services of a specialized center for the promotion of advanced technologies reengineering, is able to create not only solutions adapted to existing products, but also develop their own competitive technologies based on them.

The EXIS element is the technology and patent exchange that provides an opportunity to purchase innovative solutions protected by a patent for its commercialization. The purpose of creating an exchange of technologies and patents is to create a space for dialogue between business and the scientific community. The technology and patent exchange aims to provide links between researchers interested in promoting their developments and entrepreneurs interested in introducing innovations into their technological processes. The exchange minimizes the time it takes to find common ground between them, and provides a convenient platform for their interaction. Another function of the exchange is the filtering of technical solutions. Due to this, entrepreneurs interested in the implementation of intellectual property objects consider only realizable, affordable and profitable innovative ideas. The advanced technology platform providers are mainly Higher Educational Institutions and Scientific and Technical Institutes.

Agricultural production, implementing innovative technological solutions that are invented at Universities and Scientific and Technical Institutes of Russia, are able to carry out import substitution of key agricultural needs in the shortest possible time. And in the future, take part in the development of advanced technologies in cooperation with scientific organizations.

The emerging intellectual property ecosystem is creating new opportunities for technological innova-

tion in the agro-industry. In the context of the policy of import independence, EXIS can become a key tool and platform for the breakthrough creation of advanced technologies in the agro-industrial complex of the regions and the country.

Discussion and Conclusion

The results of the analysis allow us to draw the following conclusions.

A bibliographic analysis of the literature shows that the issues of intellectual property management related to patent activity in the agro-industrial complex remain insufficiently deeply developed. These issues, first of all, include the development of methodological tools for assessing the effectiveness of the formation and development of the patent potential of regional agro-industrial clusters in the context of new global competition for intellectual creative competencies. The results of a comprehensive evaluation and statistical analysis of intellectual property management in the field of agro-industrial complex and agriculture of the constituent entities of the Russian Federation on the principles of the ecosystem approach revealed the inequality of their monetary and institutional access to patent information, made it possible to propose a methodological approach to designing a typology of regional clusters of the agro-industrial complex, clarify strategic priorities and directions of their social – economic development. The unbalanced formation and development of patent potential in the Russian economic space is a threat to the sustainable development of regions, violation of their territorial intellectual integrity, increases the dependence of agricultural regions on the federal center, and reduces the ability for independent self-development. The identified negative trends affect the level of competitiveness of agro-industrial and agricultural enterprises, increase the outflow of highly qualified personnel from rural areas.

The domestic intellectual property market of agricultural production is characterized by a relatively low level of innovation and patent activity, which hinders the import substitution of high-tech advanced technologies, as well as the formation of a new sustainable partnership chain for the creation of highly intelligent agricultural production. Maintaining a relatively low level of intellectual potential of the agro-industrial complex of the country and its regions, limiting the possibility of acquiring high-tech foreign technologies over time will only increase the technological and intellectual lag behind the foreign enterprises that dominate the global intellectual property markets. Elements of the intellectual property ecosystem involved in the maintenance and support of patent and licensing activities can accelerate the process of forming the import independence of the domestic agro-industrial complex. The services of Technology and Innovation Support Centers, specialized center for the promotion of advanced technologies and the technology and patent exchange

for the coordination of high-tech projects and the intensification of intellectual resources of the agro-industrial complex and municipalities can contribute to the creation and implementation of protected domestic technologies to ensure the outstripping competitiveness of agricultural regions. Ural State Agrarian University can

become a key element of the intellectual property ecosystem in the agro-industrial complex and agriculture of the Sverdlovsk region, combining the functions of a supplier of technologies and patents, a consulting and educational platform for the development of the Technology and Innovation Support Centers system of the Ural region.

References

1. Glazyev S. Y. Noonomika kak sterzhen' formirovaniya novogo tekhnologicheskogo i mirokhozaystvennogo ukladov [Noonomics as the core of the formation of a new technological and world economic order] // Noonomy and Noosociety. Almanac of works of the INIR named after S. Y. Witte. 2022. No. 1. Pp. 43–64. (In Russian.)
2. Bodrunov S. D. Nauchno-tekhnicheskii progress i transformatsiya obshchestva: noonomika i noobshchestvo. Chast' 1 [Scientific and technological progress and transformation of society: economy and noobshchestvo. Part 1] // Noonomy and Noosociety. Almanac of works of the INIR named after S. Y. Witte. 2022. No. 1. Pp. 24–42. (In Russian.)
3. Voloshchenko E. M., Belokurenko N. S. Nematerial'nyye aktivy predpriyatiy APK: upravlencheskiy aspekt [Intangible assets of agricultural enterprises: managerial aspect] // Youth Science Forum. 2021. Vol. 2. No. 1. Pp. 8–16. (In Russian.)
4. Daribaeva A., Shulenbayeva F. A., Madenova K. M. Parametry formirovaniya innovatsionnoy aktivnosti agrarnogo sektora ekonomiki Kazakhstana [Parameters of the formation of innovative activity of the agricultural sector of the economy of Kazakhstan] // Statistics, accounting and audit. 2020. No. 1. Pp. 71–76. (In Russian.)
5. Mabilia J. Osnovy problematiki innovatsionnogo razvitiya agropromyshlennogo proizvodstva [Fundamentals of the problems of innovative development of agro-industrial production] // Innovatsionnoe razvitie sovremennoy nauki problemy, zakonomernosti, perspektivy sbornik statey VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Penza, 2018. Pp. 71–74. (In Russian.)
6. Petukhova M. S. Formirovaniye ekosistemy nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya APK (na primere Novosibirskoy oblasti) [Formation of the ecosystem of scientific and technological development of the agro-industrial complex (on the example of the Novosibirsk region)] // Economic overview. 2019. No. 2. Pp. 12–15. (In Russian.)
7. Velikanova I. V., Rozhmina T. A., Popov R. A. Metodicheskiye podkhody i ekonomicheskoye obosnovaniye litsenzyonnykh voznagrazhdeniy za selektsionnyye 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.)
8. Tambo J. A., Barake E., Kouevi A., Timanyechi Munthali G. Copyright or copyleft: An assessment of farmer-innovators' attitudes towards intellectual property rights. // Journal of Rural Studies. 2020. Vol. 74. Pp. 133–141. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2020.01.004.
9. Nguyen-Anh T., Hoang-Duc C., Nguyen-Thi-Thuy L., Vu-Tien V., Nguyen-Dinh U., To-The N. Do intangible assets stimulate firm performance? Empirical evidence from Vietnamese agriculture, forestry and fishery small- and medium-sized enterprises [e-resource] // Science of Technology Innovations. Express information (release date – 02.02.2022). URL: <https://www.issek.hse.ru> (date of reference: 16.05.2022). (In Russian.)
10. Fridlyanova S. Yu. Rezul'tativnost' innovatsiy v pandemiyu vyroslo [The effectiveness of innovations in the pandemic has grown] [e-resource] // Science of Technology Innovations. Express information (release date – 02.02.2022). URL: <https://www.issek.hse.ru> (date of reference: 16.05.2022). (In Russian.)
11. Abashkin V. L., Abdrakhmanova G. I., Bredikhin S. V. et al. Reyting innovatsionnogo razvitiya sub'yektov Rossiyskoy Federatsii. Vypusk 7 [Rating of innovative development of the subjects of the Russian Federation. Issue 7]. Moscow: HSE, 2021. 274 p. (In Russian.)
12. Mokronosov A. G., Asylguzhin T. R., Kondrat'yev I. P., Likhacheva S. S. Ekosistemnyy podkhod k upravleniyu intellektual'noy sobstvennost'yu v tsifrovoy ekonomike [Ecosystem approach to intellectual property management in the digital economy] // Tsifrovaya transformatsiya promyshlennosti: tendentsii, upravlenie, strategii: materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2021. Pp. 85–97. (In Russian.)
13. Kuznetsova T. V., Belova E. A. Tsentry podderzhki tekhnologiy i innovatsiy v innovatsionnoy ekosisteme regiona [Technology and innovation support centers in the innovation ecosystem of the region] // Intellectual property. Industrial property. 2021. No. 12. Pp. 17–22. (In Russian.)
14. Kot E. M. Opyt upravleniya riskami v sel'skom khozyaystve [Experience of risk management in agriculture] // Financial Economics. 2022. No. 3 (165). Pp. 30–34. DOI: 10.25997/FIE.2022.98.3.001. (In Russian.)

15. Pustuev A. A. Problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya agroekonomicheskoy sistemy i sel'skikh territoriy [Problems and prospects of sustainable development of the agro-economic system and rural territories] // Economics of agricultural and processing enterprises. 2022. No. 3. Pp. 44–50. (In Russian.)
16. Voronin B. A. et al. Formirovaniye i razvitiye chelovecheskogo kapitala v sel'skikh territoriyakh [Formation and development of human capital in rural areas]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo GAU, 2021. 136 p. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr G. Mokronosov¹, doctor of economic sciences, professor, chief researcher,

ORCID 0000-0002-8644-7932, AuthorID 387112; +7 950 541-27-72, amokronosov@mail.ru

Timur R. Asylguzhin², postgraduate, ORCID 0000-0001-6072-2927, AuthorID 1143041; +7 962 387-28-80, asul555@bk.ru

Irina N. Mavrina³, senior lecturer, ORCID 0000-0001-6832-187X, AuthorID 709164; +7 965 504-27-14, i.n.mavrina@urfu.ru

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

²Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

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

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

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



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. 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: 28.07.2022 г. Усл. печ. л. 11,5. Авт. л. 9,3.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

