

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

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS

2021
№12 (215)

Сведения о редакционной коллегии

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

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Б. А. Воронин, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Кошаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
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. Пругатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
А. Г. Самоделкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)
А. А. Стекольников, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

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

Editorial Team

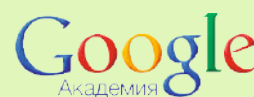
Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Boris A. Voronin, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhabadov, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agriculture (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, “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. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy (Nizhniy Novgorod, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed

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



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание

Агротехнологии

- Н. М. Велижанов* 2
Предварительные результаты по селекции томата
(Lycopersicon) в Республике Дагестан

- Л. Т. Мальцева, Е. А. Филиппова, Н. Ю. Банникова* 9
Реакция яровой мягкой пшеницы на Засуху
в лесостепи Зауралья

- А. М. Нурғалиев, Р. Ш. Джәпаров,
Г. К. Нурғалиева, Э. К. Аккереева* 19
Урожайность и кормоемкость сортов люцерны
в условиях Западно-Казакстанской области

Биология и биотехнологии

- М. Н. Дрозд* 29
Эффективность минерального адаптогена
в условиях экспериментальной иммуносупрессии

- А. И. Катюк* 41
Формирование белка и пищевые достоинства
перспективных линий гороха в лесостепи
Среднего Поволжья

- А. В. Лунева* 50
Скрининг микроорганизмов,
способных ускорять процесс микробной
трансформации птичьего помета

- А. В. Любимова, Д. И. Еремин* 59
Сортовые особенности фотосинтетической
активности овса посевного Тюменской селекции
при внесении минеральных удобрений

- А. С. Федотова* 77
Особенности расчета поглощенных доз
облучения для крупного рогатого скота
в условиях Красноярского края

Экономика

- Н. Д. Гушченская, М. А. Сумарокова,
А. В. Ковшова* 87
Оценка ресурсного потенциала
сельскохозяйственных организаций
Курганской области

- О. А. Rushchitskaya, A. O. Zagurskiy* 98
State development institutions as the basis
of the developed institutional environment
of the national agro-industrial complex

Contents

Agrotechnologies

- N. M. Velizhanov*
Preliminary results on tomato breeding
(Lycopersicon) in the Republic of Dagestan

- L. T. Maltseva, E. A. Filippova, N. Yu. Bannikova*
Reaction of spring soft wheat to drought in the
forest-steppe of the Trans-Urals

- A. M. Nurgaliev, R. Sh. Dzhaparov,
G. K. Nurgalieva, E. K. Akkereevea*
The yield and feed capacity of alfalfa varieties
in the conditions of the West Kazakhstan region

Biology and biotechnologies

- M. N. Drozd*
The effectiveness of mineral adaptogen in
experimental immunosuppression

- A. I. Katyuk*
Protein formation and nutritional advantages
of promising pea lines in the forest-steppe
of the Middle Volga region

- A. V. Luneva*
Screening of microorganisms which
are able to accelerate the process of microbial
transformation of bird droppings

- A. V. Lyubimova, D. I. Eremin*
Varietal features of photosynthetic activity
of Tyumen seed oats when
applying mineral fertilizers

- A. S. Fedotova*
Features of absorbed radiation
doses calculation for cattle
in the conditions of the Krasnoyarsk krai

Economy

- N. D. Gushchenskaya, M. A. Sumarokova,
A. V. Kovshova*
Assessment of the resource potential
of agricultural organizations
in the Kurgan region

- O. A. Rushchitskaya, A. O. Zagurskiy*
State development institutions as the basis
of the developed institutional environment
of the national agro-industrial complex

Предварительные результаты по селекции томата (*Lycopersicon*) в Республике Дагестан

Н. М. Велижанов¹✉

¹Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

✉E-mail: velizhanov65@mail.ru

Аннотация. Целью настоящей работы является выделение из гибридных поколений (F_3 - F_4) перспективного материала, устойчивого к высокотемпературному стрессу. **Научная новизна.** Тестирование роста зародышевого корешка при температуре 35, 38 и особенно 43 °C является эффективным методом дифференциации генотипов томата и выявления их устойчивости к жаре. В результате наших исследований межсортовой и отдаленной гибридизации получены линии томата, сочетающие жаростойкость с высокой продуктивностью и ценными биохимическими показателями качества плодов. **Методы.** Материалом для исследований служили 11 перспективных сортов и линий томата. Выделенные геноисточники жароустойчивости были включены в межсортовые скрещивания. Отбор генотипов на жаростойкость в полевых условиях проводили с учетом комплекса морфологических и агрохимических признаков (тип и сила роста растений, облиственность куста, фенология, форма и размер плода, общая продуктивность товарных плодов, масса плода). **Результаты.** Установлено, что у сортов и линий томата, созданных в результате межсортовых и межвидовых скрещиваний, жаростойкость спорофита варьировала в больших пределах в зависимости от генотипа и уровня температурного режима. Товарность плодов варьировала в зависимости от генотипа и года выращивания (71,8–98,3 %). Все формы оказались крупноплодными – масса плода составила от 87,8–124,6 г. Линии L132, L204, L112 выделялись как раннеспелые формы. Содержание сухого вещества у всех изученных генотипов высокое, т. к. оно выше 5,0 %, за исключением линий L122, L211, содержание сухого вещества у которых составляло соответственно 4,74 и 4,58 %. Содержание витамина С (мг%) было наибольшим у линий L143 (63,32), L141 (62,65), L112 (63,38).

Ключевые слова: томат, генотип, скрещивания, плод, жаростойкости, урожайность, устойчивость, оценка.

Для цитирования: Велижанов Н.М. Предварительные результаты по селекции томата (*Lycopersicon*) в Республике Дагестан // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-2-8.

Дата поступления статьи: 31.01.2021, **дата рецензирования:** 17.02.2021, **дата принятия:** 05.09.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Исходный материал и его значение в селекции любой культуры, в том числе томата, огромны. В частности, это важно при создании наследственного разнообразия и отборе высокопродуктивных форм с комплексом ценных признаков и свойств, определяющих адаптивность к местным почвенно-климатическим условиям [1, с. 12], [2, с. 81]. Существенной проблемой селекции томата в Республике Дагестан остается недостаточная устойчивость сортов к абиотическим и биотическим факторам среды, прежде всего по причине ограниченного генетического разнообразия исходного материала. В связи с этим актуальным является пополнение и расширение генофонда томата, изучение исходного материала и выделение форм с хозяйственно ценными признаками. Одним из условий успешной селекции томата является генетическое разнообразие исходного материала. Средством получения такого генетического разнообразия является гибридизация, которая считается важнейшим источником изменчивости в естественных популяциях

[3, с. 26], [4, с. 124]. Для достижения поставленной цели нами были использованы методы межсортовой и межвидовой гибридизации. Методом культуры эмбриокаллуса были получены межвидовые гибриды, и в расщепляющемся потомстве выявлены разнообразные формы, в том числе раннеспелые и крупноплодные. При подборе образцов и линий для скрещиваний учитывается наличие у них взаимодополняющих признаков, необходимых для нового сорта, гибрида, а также многократный (постоянный) индивидуальный отбор линий с проверкой потомства [5, с. 41], [7, с. 44].

При создании сорта необходимо все время придерживаться целевой направленности в работе, использовать те или иные методы переноса разных признаков доноров на потомство. При подборе образцов и линий для скрещиваний учитывается наличие у них взаимодополняющих признаков, необходимых для нового сорта, гибрида, а также многократный (постоянный) индивидуальный отбор линий с проверкой потомства [8, с. 28], [9, с. 57].

Это определило цель наших исследований, направленных на выделение перспективных генетически разнокачественных селекционных линии томата, имеющих комплекс хозяйственно ценных признаков. Задачи исследований заключались в определении параметров изменчивости и наследуемости признаков, выделении селекционных источников, устойчивых к высокотемпературному стрессу, для ведения селекционных отборов и скрещиваний, а также в обосновании основных результатов работы.

Методология и методы исследования (Methods)

В 2017–2020 гг. опыты были проведены путем полевых, лабораторных, стационарных и экспедиционных исследований на базе Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан. Материалом исследований служили образцы из коллекции ВНИИР, ВНИИССОК (21) и созданные нами гибридные образцы (11). Почвы участка глинистые, pH = 6. Посев семян томата в парниках проведен во второй декаде марта. Повторность опыта четырехкратная. В возрасте 5–6 настоящих листьев (10 апреля) растения высаживали в открытый грунт вручную. В период вегетации проводили морфологическую оценку всего селекционного материала. Учитывали продолжительность межфазных периодов, габитус и высоту растений, тип растения, характер облиственности, форму соцветий, число цветков в кисти и завязавшихся плодов, форму, окраску и массу плода, поражение грибными и вирусными болезнями, урожайность, биохимические качества плодов.

Оценку сортообразцов на жаростойкость проводили методом, основанным на скорости роста проростков после прогревания их высокой температурой (40–45 °C) в течение шести часов [10, с. 319], [13, с. 627]. Для получения холодоустойчивых линий и сортов использовали отбор проростков при пониженной температуре (+10 °C). Эти методы применяли в комплексе с другими, составляющими в целом новые технологии селекции: внутривидовая гибридизация, индуцирование генетической изменчивости путем обработки пыльцы γ -излучением. Выделенные геноисточники жароустойчивости были включены в межсортовые скрещивания. Отбор генотипов на жаростойкость в полевых условиях проводили с учетом комплекса морфологических и агрохимических признаков (тип и сила роста растений, облиственность куста, фенология, форма и размер плода, общая продуктивность товарных плодов, масса плода). Сортообразцы изучены по методическим указаниям по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта [6, с. 43], [7, с. 46].

Результаты (Results)

Установлено, что у сортов и линий томата, созданных в результате межсортовых и межвидовых скрещиваний, жаростойкость спорофита варьировала в больших пределах в зависимости от генотипа и уровня температурного режима. Как показывают данные, уровни температурного режима (А – 35 °C, В – 38 °C, С – 43 °C) по-разному влияют на рост зародышевых

корешков генотипов. В оптимальных условиях длина зародышевого корешка варьировала в пределах 83,0–97,0 мм, в то время как при 35 °C – 72,0–93,4 мм. Выявлено, что у линий снижение признака L132, L122, L143 произошло на 1,6; 0,6; 2,8 %, что соответствовало жаростойкости на уровне 99,8; 94,1; 105,2 %. В то же время у линий L214, L212, L108 снижение длины зародышевого корешка составило 16,3; 14,2; 6,9 % в сравнении с оптимальными условиями, а жаростойкость составила 104,0; 93,1; 80,3 % соответственно. У линий L201 и L141 длина зародышевого корешка в стрессовых условиях была на уровне стандарта.

Под влиянием наиболее высокой температуры 43 °C произошло выраженное подавление роста зародышевого корешка у всех исследуемых форм. Степень подавления роста для изученных форм L132, L214, L201, L122, L141, L211, L143, L133, L204, L112, L108 составила соответственно 55,6; 51,3; 58,2; 46,6; 57,2; 53,8; 50,6; 52,5; 54,1; 43,3; 41,8 % от контроля, а жаростойкость – 38,4; 47,3; 34,1; 52,2; 44,6; 42,4; 57,2; 61,2; 44,2; 55,2; 44,3 %. Следовательно, у линий L211, L133, L108 уменьшение признака было менее значительным, что свидетельствует об их более высокой жаростойкости.

Одним из основных требований, предъявляемых производством к современным сортам и гибридам томата, является их способность давать высокий и стабильный урожай. В результате исследований нами выявлены существенные отличия генотипов по признаку общей урожайности, варьирующие в зависимости от года выращивания (таблица 1). Необходимо отметить, что погодные условия 2018 года были весьма неблагоприятными для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур в условиях Республики Дагестан: температура воздуха на протяжении всего периода вегетации томата колебалась в пределах 35,0–41,5 °C. Кроме того, в наших экспериментах условия среды усугублялись тем, что томаты выращивали без полива. Таким образом, растения находились в условиях двойного стресса – почвенно-воздушной засухи и высокой температуры. В связи с этим вегетативная масса растений была угнетенной, цветки слабо завязались. Тем не менее некоторые жаростойкие формы показали хороший урожай. Достоверное превышение стандарта отмечено у линий L132, L214, L112. Следует отметить, что в 2017 г. при нормальных погодных условиях данные линии дали урожай существенно выше, чем 2018 г. Так, урожайность колебалась от 56,3 т/га у линии L132 до 48,0 т/га у линии L204. В 2019 г. она варьировала в пределах 42,5–58,3 т/га, а в 2020 г. – 40,5–57,6 т/га.

Анализ динамики формирования урожайности томата за период 2017–2020 гг. показал, что у гибридных комбинаций L132 Л22/03 × (Мираж × Челнок); L211 Л08/19 × (F₁ Сладкий фонтан × Л22/03); L211 Л 08/19 × (F₁ Сладкий фонтан × Л22/03); L112 Гном × Л42/3; L108 Л20/11 × (Рокер × F₁ Боярин) влияние агроклиматических условий проявились значительно ниже, и общая урожайность у них составляло 51,3–60,5 т/га.

Таблица 1

Характеристика перспективных линий томата по ряду хозяйственно ценных признаков

Агротехнологии

Сорта, линии	Общая урожайность, т/га					Товарность плода, %				Вегетационный период, сутки
	2017	2018	2019	2020	Средняя	2017	2018	2019	2020	
L132 L22/03 × (Мираж × Челнок)	56,3	42,4	55,2	57,6	52,8	95,3	94,2	83,3	90,6	109
L214 L20/11 × F ₁ Марина	51,6	48,8	46,2	52,7	49,8	94,2	90,6	88,7	85,3	114
L201 (Золотая искра × Грант) × Мираж	49,6	42,1	52,3	45,6	47,4	95,5	93,0	78,8	82,8	112
L122 (F ₁ Терек × Ямал) × L42/3	49,1	44,3	48,6	52,0	48,5	94,6	93,7	84,2	84,5	118
L141 F ₁ Сладкий фонтан × (Фонарик × L20/07)	50,3	43,8	42,5	56,5	48,3	95,8	93,1	73,5	88,7	114
L211 L08/19 × (F ₁ Сладкий фонтан × L22/03)	52,6	48,4	54,3	50,1	51,3	97,5	95,2	75,4	86,2	110
L143 (L20/07 × F ₁ Золотой поток × L20/07)	54,3	43,2	49,8	43,5	47,7	95,4	94,6	71,8	84,8	114
L133 (L20/11 × F ₁ Золотая гроздь × F ₁ Мангусто)	52,1	47,3	48,2	40,5	47,0	98,3	96,3	76,4	94,5	117
L204 (Перст × Отрадный) × Краснодарский малиновый	48,0	47,2	54,4	49,1	49,6	94,4	83,7	83,4	87,3	109
L112 Гном × L42/3	61,2	48,1	58,3	60,5	57,0	92,8	89,2	86,7	81,8	108
L108 L20/11 × (Рокер × F ₁ Боярин)	64,3	52,1	48,8	57,2	55,6	92,6	87,6	82,8	79,5	115
Яна – стандарт	48,2	44,1	46,1	45,7	46,0	94,4	87,3	89,2	86,9	114
HCP ₀₅	3,7	2,4	3,1	4,2						

Table 1

Characteristics of prospective tomato lines, on a number of economically valuable features

Sorts, lines	Total yield, t/ha					Fruit commodity, %				Vegetation period, day
	2017	2018	2019	2020	Average	2017	2018	2019	2020	
L132 L22/03 × (Mirazh × L20/11)	56.3	42.4	55.2	57.6	57.6	95.3	94.2	83.3	90.6	109
L214 L20/11 × (F ₁ Marina × Chelnok)	51.6	48.8	46.2	52.7	52.7	94.2	90.6	88.7	85.3	114
L201 (Zolotaya Iskra × Grant) × Mirazh	49.6	42.1	52.3	45.6	45.6	95.5	93.0	78.8	82.8	112
L122 (F ₁ Terek × Yamal) × L42/3	49.1	44.3	48.6	52.0	48.5	94.6	93.7	84.2	84.5	118
L141 F ₁ Sladkiy fontan × (Fonarik × L20/07)	50.3	43.8	42.5	56.5	48.3	95.8	93.1	73.5	88.7	114
L211 L08/19 × (F ₁ Sladkiy fontan × L22/03)	52.6	48.4	54.3	50.1	51.3	97.5	95.2	75.4	86.2	110
L143 (L20/07 × F ₁ Zolotoy potok × L20/07)	54.3	43.2	49.8	43.5	47.7	95.4	94.6	71.8	84.8	114
L133 (L20/11 × F ₁ Zolotaya grozd' × F ₁ Mangusto)	52.1	47.3	48.2	40.5	47.0	98.3	96.3	76.4	94.5	117
L204 (Perst × Otradnyy) × Krasnodarskiy malinovy	48.0	47.2	54.4	49.1	49.6	94.4	83.7	83.4	87.3	109
L112 Gnom × L42/3	61.2	48.1	58.3	60.5	57.0	92.8	89.2	86.7	81.8	108
L108 L20/11 × (Roker × F ₁ Boyarin)	64.3	52.1	48.8	57.2	55.6	92.6	87.6	82.8	79.5	115
Yana – standard	48.2	44.1	46.1	45.7	46.0	94.4	87.3	89.2	86.9	114
LSD ₀₅	3.7	2.4	3.1	4.2						

Биохимическая оценка плодов томата

Сорта и линии	Сухое вещество, %	Общие сахара, %	Витамин С, мг%	Кислотность, %	Сахаро-кислотный индекс
L132 Л 22/03 × (Мираж × Л 20/11)	5,48	5,6	47,34	0,59	7,75
L214 Л 20/11 × (F ₁ Марина × Челнок)	5,64	5,4	52,67	0,84	6,42
L201 (Золотая искра × Грант) × Мираж	5,53	5,5	42,92	0,61	7,88
L122 (F ₁ Терек × Ямал) × Л42/3	4,74	4,6	41,16	0,57	8,24
L141 F ₁ Сладкий фонтан × (Фонарик × Л 20/07)	5,61	5,2	62,65	0,55	9,56
L 211 Л 08/19 × (F ₁ Сладкий фонтан × Л 22/03)	4,58	4,7	38,71	0,61	7,53
L143 (Л 20/07 × F ₁ Золотой поток × Л20/07)	5,04	5,1	63,32	0,66	8,41
L133 (Л 20/11 × F ₁ Золотая гроздь × F ₁ Мангусто)	5,32	5,6	52,88	0,82	7,37
L204 (Перст × Отрадный) × Краснодарский малиновый	6,04	6,2	46,33	0,58	7,62
L112 Гном × Л 42/3	5,44	5,4	63,38	0,72	9,12
L108 Л 20/11 × (Рокер × F ₁ Боярин)	5,60	4,6	40,54	0,84	6,56
Яна – стандарт	5,51	5,1	54,24	0,74	6,48

Table 2

Biochemical assessment of tomato fruit

Sorts and lines	Dry substance, %	Total sugars, %	Vitamin C, mg%	Acidity, %	Sugar-acid index
L132 L 22/03 × (Mirazh × L20/11)	5.48	5.6	47.34	0.59	7.75
L214 L20/11 × (F ₁ Marina × Chelnok)	5.64	5.4	52.67	0.84	6.42
L201 (Zolotaya Iskra × Grant) × Mirazh	5.53	5.5	42.92	0.61	7.88
L122 (F ₁ Terek × Yamal) × L42/3	4.74	4.6	41.16	0.57	8.24
L141 F ₁ Sladkiy fontan × (Fonarik × L20/07)	5.61	5.2	62.65	0.55	9.56
L211 L08/19 × (F ₁ Sladkiy fontan × L22/03)	4.58	4.7	38.71	0.61	7.53
L143 (L20/07 × F ₁ Zolotoy potok × L20/07)	5.04	5.1	63.32	0.66	8.41
L133 (L20/11 × F ₁ Zolotaya grozd' × F ₁ Mangusto)	5.32	5.6	52.88	0.82	7.37
L204 (Perst × Otradnyy) × Krasnodarskiy malinovy	6.04	6.2	46.33	0.58	7.62
L112 Gnom × L42/3	5.44	5.4	63.38	0.72	9.12
L108 L 20/11 × (Roker × F ₁ Boyarin)	5.60	4.6	40.54	0.84	6.56
Yana – standard	5.51	5.1	54.24	0.74	6.48

При изучении коллекционного и созданного нами гибридного материала сортов томата были выделены высокопродуктивные образцы, которые включены в селекционный процесс. Все формы оказались крупноплодными – масса плода составила от 87,8 до 124,6 г. Линии L132, L204, L112 выделялись как раннеспелые формы, линия L122 – позднеспелая, а остальные генотипы относятся к группе среднеспелых – длина вегетационного периода составила 111–115 суток. Товарность плодов варьировала в зависимости от генотипа и года выращивания (71,8–98,3 %) Другая не менее важная проблема с точки зрения хозяйственного использования и коммерческого назначения сортов томата – это количество плодов.

Селекция на урожайность должна сопровождаться и селекцией на улучшение химического состава плода. Важным показателем, определяющим вкусовые качества плодов томата, является уровень содержания в них сухого вещества, так как он положительно коррелирует со сладостью мякоти [11, с. 159], [14, с. 632], [15, с. 60]. Результаты биохимического ана-

лиза плодов томата свидетельствуют о существенных различиях показателей у изученных генотипов. Так, содержание сухого вещества колебалось от 4,58 % у линии L211 до 6,04 % у линии L204 (таблица 2). То есть в целом содержание сухого вещества у всех изученных генотипов высокое, поскольку оно выше 5,0 %, за исключением линий L122, L211 содержание сухого вещества у которых составляло соответственно 4,74 и 4,58 %.

Вкус плодов томата определяется, наряду с сухим веществом, сахаристостью, титруемой кислотностью и величиной pH. Титруемой кислотности придается большое значение, так как ее благоприятное соотношение с содержанием сахаров определяет вкус плодов. Результаты наших исследований выявили большие различия между генотипами по вышеуказанному показателю. Так, индекс, показывающий отношение сахаров к кислотам, находился в пределах 6,4–9,5. По этому показателю выделялись линии нашей селекции – L122 (8,24), L141 (9,56), L143 (8,41), L112 (9,12). В целом все генотипы превышают стандарт Яна.

Биологическая ценность томата определяется также высоким содержанием аскорбиновой кислоты, что связывает ее с повышением общей жизнеспособности организма, более эффективным усвоением белков, снижением токсичности нитратов, нитритов и нитрозоаминов [12, с. 25], [16, с. 142]. В наших опытах содержание витамина С было наибольшим у линий L143 (63,32), L141 (62,65), L112 (63,38). Таким образом, из приведенных данных видно, что линии, созданные в Федеральном аграрном научном центре Республики Дагестан, имеют высокие показатели по жаростойкости, урожаю, товарности и вкусовым качествам плодов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате наших исследований межсортовой и отдаленной гибридизации получены линии томата, сочетающие жаростойкость с высокой продуктивностью и ценными биохимическими показателями качества плодов. Выявлено, что уровни температурного режима (А – 35 °С, В – 38 °С, С – 43 °С) по-разному влияют на рост зародышевых корешков генотипов. У линий L132, L122, L143 снижение признака произошло на 1,6; 0,6; 2,8 %, что соответствовало жаростойкости на уровне 99,8; 94,1; 105,2 %. При 38 °С уменьшение длины зародышевых корешков варь-

ровало в пределах 4,3–32,7 %. Меньше всего были подвержены влиянию термического стресса линии L201 и L211 – их устойчивость была в пределах 74,6–104,2 %. При температуре 35 °С число высокоустойчивых генотипов уменьшилось на 4 – L132, L211, L108, L141. Их жаростойкость составила 52,1; 64,0; 52,1 и 72,1 % соответственно. Все изученные формы оказались крупноплодными – масса плода составила от 87,8 до 124,6 г. Линии L132, L204, L112 выделялись как раннеспелые формы, линия L122 – позднеспелые, а остальные генотипы относятся к группе среднеспелых – с длиной вегетационного периода от 111 до 115 суток. Товарность плодов варьировала в зависимости от генотипа и года выращивания (71,8–98,3 %).

Нам удалось сгруппировать и отобрать наилучшие сортообразцы томата по хозяйственно ценным и биологическим признакам для использования в селекции в условиях Дагестана и близких к ним почвенно-климатических условиях, прежде всего, в республиках Северного Кавказа.

Линия L112 сочетает высокую продуктивность и хорошие вкусовые качества с устойчивостью к жаре и засухе. Учитывая, что она во все годы исследований демонстрировала высокие показатели продуктивности, планируем передать ее на Госсортоиспытание.

Библиографический список

1. Буренин В. И., Артемьева А. М. Роль сорта при импортозамещении (на примере овощных культур) // Овощи России. 2018. № 2. С. 10–14. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-2-10-14.
2. Гулин А. В., Донская В. И., Катакаев Н. Х. Критерий оценки качества плодов томата по содержанию сахаров и кислот // Известия ФНЦО. 2019. № 2. С. 79–82. DOI: 10.18619/2658-4832-2019-2-79-82.
3. Грушанин А. И., Есаулова Л. В., Бут Н. Н. Технология выращивания томата в открытом грунте на Кубани. Краснодар, 2016. 35 с.
4. Маковой М. Д. Селекция томата на устойчивость к стрессовым абиотическим факторам с использованием гаметных технологий. Кишинев. 2018. 473 с.
5. Маковой М. Д. Внутрипопуляционная вариабельность в потомствах F_3 и F_4 томата, полученных от рекомбинантов F_2 , устойчивых к высокой температуре по признакам мужского гаметофита // Овощи России. 2019. № 4. С. 37–43.
6. Козлова И. В. Создание новых стерильных линий томата с ценными хозяйственными признаками в условиях Юга России // Известия ФАНЦО. 2020. № 2. С. 43–48.
7. Кильчевский А. В., Исаков А. В., Добродькин М. М. Оценка урожайности гибридов и комбинационной способности исходных линий томата в пленочных теплицах // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2009. № 3. С. 43–47.
8. Терешонкова Т. А., Огнев В. В., Прохорова К. Г., Костенко А. Н., Ховрин А. Н. Отечественные гибриды томата для юга России // Картофель и овощи. 2016. № 4. С. 5–38.
9. Тенькова Н. Ф., Ерошевская А. С., Егорова А. А., Титова Е. В., Терешонкова Т. А. Признаки, разрабатываемые при селекции гибридов F_1 томата типа «биф» // Овощи России. 2020. № 4. С. 55–59.
10. Савченко И. В. Выведение новых сортов и гибридов сельскохозяйственных растений // Вестник Российской Академии наук. 2017. Т. 87. № 4. С. 318–321.
11. Скорина В. В., Соляник Т. Л. Биохимический состав сортов томата в открытом грунте // Известия ФНЦО. 2019. № 1. С. 157–159. DOI: 10.18619/2658-4832-2019-1-157-159.
12. Соколова Е. В., Мерзлякова В. М. Продуктивность и биометрические показатели плодов томата в зависимости от освещенности // Картофель и овощи. 2019. № 1. С. 25–27.
13. Reshma T., Sarath P. S. Standardization of Growing Media for the Hydroponic Cultivation of Tomato // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. № 6 (7). С. 626–631.
14. Lapenko N. G., Godunova E. I., Dudchenko L. V., Kuzminov S. A., Kapustin A. S.. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 6329–6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260.

15. Лазько В. Е., Якимова О. В., Лукомец С. Г., Благородова Е. Н. Агроэкологические испытания сортов и перспективных линий озимого чеснока селекции ВНИИ риса в различных почвенно-климатических зонах Краснодарского края // Научно-производственный журнал «Рисоводство». 2017. № 1 (34). С. 57–61.

16. Theurl M. C., Hörtenhuber S. J., Lindenthal T., Palme W. Unheated soil-grown winter vegetables in Austria: Greenhouse gas emissions and socio-economic factors of diffusion potential // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 151. Pp. 134–144.

Об авторах:

Низами Мейланович Велижанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела плодовоовощеводства, ORCID 0000-0003-1297-1624, AuthorID 286958; +7 (8722) 60-07-26, velizhanov65@mail.ru

¹ Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

Preliminary results on tomato breeding (*Lycopersicon*) in the Republic of Dagestan

N. M. Velizhanov¹✉

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

✉E-mail.ru: velizhanov65@mail.ru

Abstract. The aim of the work is to separate from hybrid generations (F_3 - F_4) the promising material of high-temperature stress resistance. **Scientific novelty.** Testing the growth of the germ root at 35, 38 and especially 43 °C is an effective method of differentiating tomato genotypes and identifying their resistance to heat. As a result of our studies of inter-grade and remote hybridization, tomato lines have been obtained, combining heat-resistantness with high productivity and valuable biochemical indicators of fruit quality. **Methods.** The material for research served 11 promising varieties and lines of tomato. Dedicated genetic sources of heat resistance were included in inter-grade crossings. The selection of genotypes for heat-resistantness in the field was carried out taking into account the complex of morphological and agrochemical features (type and strength of plant growth, bush foliage, phenology, shape and size of the fruit, general productivity of commodity fruits, the mass of the fetus). **Results.** It has been established that in varieties and lines of tomato, created as a result of inter-grade and interspecies interbreeding, heat-resistant sporophyte varied to large limits depending on the genotype and temperature level. The fruit's product ranged depending on the genotype and the year of cultivation (71.8–98.3 %). All forms turned out to be large-fruited – the weight of the fruit was from 87.8–124.6 g. L132, L204, L112 lines stood out as early forms. The dry matter content of all the genotypes studied is high, as it is above 5.0 %, except for the lines L122, L211 dry matter content of which was 4.74 and 4.58 %, respectively. Vitamin C was highest in L143 (63.32), L141 (62.65), L112 (63.38).

Keywords: tomato, genotype, interbreeding, fruit, heat resistance, yield, stability, evaluation.

For citation: Velizhanov N. M. Predvaritel'nye rezul'taty po selektsii tomata (*Lycopersicon*) v Respublike Dagestan [Preliminary results on tomato breeding (*Lycopersicon*) in the Republic of Dagestan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-2-8. (In Russian.)

Date of paper submission: 31.01.2021, **date of review:** 17.02.2021, **date of acceptance:** 05.09.2021.

References

1. Burenin V. I., Artem'eva A. M. Rol' sorta pri importozameshchenii (na primere ovoshchnykh kul'tur) [The role of varieties in import substitution (on the example of vegetable crops)] // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 2. Pp. 10–14. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-2-10-14. (In Russian.)
2. Gulina A. V., Donskaya V. I., Katakaev N. Kh. Kriteriy otsenki kachestva plodov tomata po sodержaniyu sakharov i kislot [Criterion for assessing the quality of tomato fruits by the content of sugars and acids] // News of FSVC. 2019. No. 2. Pp. 79–82. DOI: 10.18619/2658-4832-2019-2-79-82. (In Russian.)
3. Grushanin A. I., Esaulova L. V., But N. N. Tekhnologiya vyrashchivaniya tomata v otkrytom grunte na Kubani [Technology of growing tomatoes in the open ground in the Kuban]. Krasnodar, 2016. 35 p. (In Russian.)
4. Makovey M. D. Seleksiya tomata na ustoychivost' k stressovym abioticheskim faktoram s ispol'zovaniem gametnykh tekhnologiy [Tomato selection for resistance to stress abiotic factors using newspaper technologies]. Chisinau, 2018. 473 p.
5. Makovey M. D. Vnutripopulyatsionnaya variabel'nost' v potomstvakh F_3 i F_4 tomata, poluchennykh ot rekombinantov F_2 , ustoychivyykh k vysokoy temperature po priznakam muzhskogo gametofita [Intrapopulation variability in

tomato offspring F3 and F4 obtained from F2 recombinants resistant to high temperature on the basis of male gametophyte traits] // Vegetables of Russia. 2019. No. 4. Pp. 37–43. (In Russian.)

6. Kozlova I. V. Sozdanie novykh steril'nykh liniy tomata s tsennymi khozyaystvennymi priznakami v usloviyakh Yuga Rossii [Creation of new sterile tomato lines with valuable economic characteristics in the conditions of the South of Russia] // News of FSVC. 2020. No. 2. Pp. 43–48. (In Russian.)

7. Kil'chevskiy A. V., Isakov A. V., Dobrod'kin M. M. Otsenka urozhaynosti gibridov i kombinatsionnoy sposobnosti iskhodnykh liniy tomata v plenochnykh teplitsakh [Evaluation of the yield of hybrids and the combinational ability of tomato baselines in film greenhouses] // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2009. No. 3. Pp. 43–47. (In Russian.)

8. Tereshonkova T. A., Ognev V. V., Prokhorova K. G., Kostenko A. N., Khovrin A. N. Otechestvennye gibridy tomata dlya yuga Rossii [Domestic tomato hybrids for the South of Russia] // Potato and Vegetables. 2016. No. 4. Pp. 5–38. (In Russian.)

9. Ten'kova N. F., Eroshevskaya A. S., Egorova A. A., Titova E. V., Tereshonkova T. A. Priznaki, razrabatyvaemye pri selektsii gibridov F1 tomata tipa "bif" [Signs developed during the breeding of F1 tomato hybrids of the "bif" type] // Vegetable crops of Russia. 2020. No. 4. Pp. 55–59. (In Russian.)

10. Savchenko I. V. Vyvedenie novykh sortov i gibridov sel'skokhozyaystvennykh rasteniy [Breeding new varieties and hybrids of agricultural plants] // Vestnik Rossiyskoy Akademii nauk. 2017. Vol. 87. No. 4. Pp. 318–321. (In Russian.)

11. Skorina V. V., Solyanik T. L. Biokhimicheskiy sostav sortov tomata v otkrytom grunte [Biochemical composition of tomato varieties in the open ground] // News of FSVC. 2019. No. 1. Pp. 157–159. DOI: 10.18619/2658-4832-2019-1-157-159. (In Russian.)

12. Sokolova E. V., Merzlyakova V. M. Produktivnost' i biometricheskie pokazateli plodov tomata v zavisimosti ot osveshchennosti [Productivity and biometric indicators of tomato fruits depending on illumination] // Potato and Vegetables. 2019. No. 1c. Pp. 25–27. (In Russian.)

13. Reshma T., Sarath P. S. Standardization of Growing Media for the Hydroponic Cultivation of Tomato // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. № 6 (7). C. 626–631.

14. Lapenko N. G., Godunova E. I., Dudchenko L. V., Kuzminov S. A., Kapustin A. S. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 6329–6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260.

15. Laz'ko V. E., Yakimova O. V., Lukomets S. G., Blagorodova E. N. Agroekologicheskie ispytaniya sortov i perspektivnykh liniy ozimogo chesnoka selektsii ARRRI v razlichnykh pochvenno-klimaticheskikh zonakh Krasnodarskogo kraia [Agroecological tests of varieties and promising lines of winter garlic breeding of the Rice Research Institute in various soil and climatic zones of the Krasnodar Territory] // Scientific and Production Journal "Rice growing". 2017. No. 1 (34). Pp. 57–61. (In Russian.)

16. Theurl M. C., Hörtenhuber S. J., Lindenthal T., Palme W. Unheated soil-grown winter vegetables in Austria: Greenhouse gas emissions and socio-economic factors of diffusion potential // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 151. Pp. 134–144.

Authors' information:

Nizami M. Velizhanov¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the department of horticulture, ORCID 0000-0003-1297-1624, AuthorID 286958; +7 (8722) 60-07-26, velizhanov65@mail.ru

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

Реакция яровой мягкой пшеницы на засуху в лесостепи Зауралья

Л. Т. Мальцева^{1✉}, Е. А. Филиппова¹, Н. Ю. Банникова¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр

Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: info@kurganniish.ru

Аннотация. Цель исследований – реакция сортов яровой мягкой пшеницы на засушливые явления в период вегетации в лесостепной зоне Зауралья. **Методы.** Материалом служили 24 сорта различных биотипов по созреванию из питомника конкурсного сортоиспытания Курганского НИИСХ. Опыты и наблюдения проведены в 2005–2020 гг. в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания. Сроки посева: ранний (конец апреля – первая декада мая) и оптимальный для зоны (20–25 мая). Предшественник – пар. ГТК в 2005–2009, 2011, 2013–2019 гг. составил 0,8–1,2, в 2010, 2012, 2020 гг. отмечалась засуха (ГТК 0,3–0,36). **Результаты.** Негативное действие засухи снизило урожайность в опытах на 11,9 ц/га, массу 1000 зерен на 5,7 г, натуру на 19,7 г/л. Отмечено влияние крупности зерна на урожайность как в благоприятные годы, так и в годы засухи ($r = 0,63 \dots 0,98$). В засушливых условиях стекловидность коррелирует с урожайностью, массой 1000 зерен, натурой, в меньшей степени с содержанием клейковины, объемом хлеба и силой муки. Недостаток влаги в период налива зерна увеличил содержание клейковины на 3,4 %, качество на 15,1 е. п. ИДК, силу муки на 102,7 е. а., объем хлеба на 106 г/л. В благоприятные годы масса 1000 зерен и стекловидность зерна коррелируют с клейковиной ($r = 0,44$; $r = 0,24 \dots 0,84$). Показатели продуктивности и физических свойств зерна возрастают при посеве в оптимальный срок при некотором снижении содержания клейковины (на 1,2 %), силы муки (на 5,3 е. а.), объема хлеба (на 73,2 е. п.). На раннем сроке посева дефицит влаги снижает показатели у всех сортов. В этих условиях скороспелые сорта формируют более крупное зерно как при посеве в ранний срок (29,0 г), так и при посеве в оптимальный (31,3 г). В засуху особенно высока роль сорта. Высокую засухоустойчивость показал сорт Зауралочка селекции Курганского НИИСХ, успешно прошедший испытание в засушливые годы (2012, 2020) в системе ГСИ и в экологическом испытании (КАСИБ). Урожайность засухоустойчивого сорта Зауралочка в среднем по ГСУ составила 20,2 ц/га, превысив стандарт Геракл на 2,2 ц/га. **Научная новизна.** Выявлены особенности влияния засушливых явлений на урожайность и основные показатели качества сортов, определена корреляционная связь между ними. По засухоустойчивости выделен сорт яровой мягкой пшеницы Зауралочка.

Ключевые слова: засуха, урожайность, качество, биотип, яровая пшеница.

Для цитирования: Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю. Реакция яровой мягкой пшеницы на засуху в лесостепи Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-9-18.

Дата поступления статьи: 03.06.2021, **дата рецензирования:** 16.09.2021, **дата принятия:** 26.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Факторы природного характера, такие как засуха, оказывают большое влияние на эффективность сельского хозяйства. Как отмечают многие ученые и специалисты, засушливые явления в природе в будущем будут нарастать [1]. В 2020 году от засухи больше всего пострадали регионы Сибири и Урала [2]. В борьбе с засухой необходимо строгое соблюдение агротехнологий по всем направлениям: от подготовки и обработки семенного материала, способов сева, глубины заделки семян до борьбы с сорняками и вредителями и отбора наиболее засухоустойчивых, урожайных сортов [3, с. 69]. Необходимо в каждом конкретном случае учитывать тип засухи в связи с фазой онтогенеза,

в которую она наступила, и охарактеризовать засуху по силе действия и продолжительности [4, с. 490]. В условиях Западной Сибири и Северного Казахстана в течение вегетационного периода часто проявляются засухи различных видов. В связи с этим большое значение имеют сорта, адаптивные к климатическим зонам, с повышенной засухоустойчивостью и высокой стабильностью [5, с. 515].

Среди засухоустойчивых сортов яровой пшеницы отмечаются два основных биотипа: один, свойственный главным образом Зауралью, где засуха наблюдается в начале лета (захватывает у пшениц период кущения), другой – Среднему и Нижнему Поволжью, где засуха наблюдается обычно в конце вегетации

пшеницы [6]. В Зауралье в 2020 году засуха проявилась по поволжскому сценарию. Поэтому требуются тщательное изучение и анализ данных, полученных в этих условиях, для создания сортов яровой пшеницы, адаптированных к местным изменяющимся условиям среды. Получение засухоустойчивых сортов – это сложная задача. Успех в ней возможен только при условии совместного использования классической селекции, генной инженерии и новых форм мутагенеза, недавно открытых наукой. Семена засухоустойчивых сортов нам не даст ни одна компания. Это золото [7]. Как известно, в качестве интегрального показателя сбалансированности и оптимального фактора сочетания внешней среды в агроценозах чаще всего рассматривается урожайность полевых культур. Она может использоваться также индикатором внутривидовой вариативности растительного покрова, связанного с климатическими, почвенными, географическими, биологическими и антропогенными факторами [8, с. 81]. Это важно еще и потому, что засухоустойчивые формы, как правило, являются низкоурожайными вследствие противоречия этих двух свойств растений [9, с. 44]. Для успешной работы необходимы анализ и выявление всех физиолого-биохимических закономерностей и показателей, характеризующих эти процессы.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалом исследования служили 24 сорта яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) конкурсного сортоиспытания питомника конкурсного сортоиспытания (КСИ) Курганского НИИСХ, ранжированных по срокам созревания на три биотипа. Скороспелая группа: Омская 36 (st), Фора, Исеть 45, Д-30-6, Д-35-10, Тр-64, Тр-332, Тр-182; среднеспелая: Терция (st), Ария, Зауралочка, Геракл, Д-22-9, Д-22-17, ДВ-21-7, Шт-335; и среднепоздняя: Уралосибирская (st), Омская 35, Радуга, Н-1-3, к-32598, ОД-39-1, ДВ-44, ТР-166. Опыты и наблюдения проведены в 2005–2020 гг. в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания [10]. Сроки посева: ранний (конец апреля – первая декада мая) и оптимальный для зоны (20–25 мая). Предшественник – пар. Курганский НИИСХ – центральная зона (лесостепь), годовое количество осадков – 366–425 мм, сумма положительных температур – 2350–2380 °С, ГТК – 0,9–1,1. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый, с содержанием гумуса в пахотном слое (0–20 см) – 4,26 % (по Тюрину); $pH_{вод}$ – 5,7; содержание подвижного P_2O_5 (по Чирикову) – 118 мг/кг почвы, обменного K_2O – 217 мг/кг почвы (по Масловой), нитратного азота $N-NO_3$ – 14 мг/кг почвы.

Погодные условия по влагообеспеченности в 2005–2009, 2011, 2013–2019 гг. были приближены к среднесноголетним, где ГТК составлял 0,8–1,2. Самые низкие показатели ГТК (0,3–0,36) отмечены в засушливые периоды вегетации 2010, 2012, 2020 гг.

Цель исследований – анализ реакции сортов яровой мягкой пшеницы по основным хозяйственно цен-

ным показателям на засушливые явления в период вегетации в лесостепной зоне Курганской области.

Результаты (Results)

Получение высококачественного зерна возможно, если на XI этапе органогенеза растения достаточно обеспечены азотом, умеренно высокой температурой, при небольшом дефиците влаги, а также обеспечены интенсивной богатой ультрафиолетовыми лучами ФАР [12, с. 246]. Изменчивость любого признака – это результат взаимодействия генотипа сорта и условий среды. Известно, что содержание клейковины в пшенице и физические свойства, характеризующие ее качество, могут варьировать очень широко [13, с. 59].

К сожалению, качество зерна, производимого в Российской Федерации в последние годы, снижается [14, с. 86]. Большое влияние на формирование урожайности оказывает генетически обусловленный признак массы 1000 зерен, что отмечают в своих исследованиях авторы Е. А. Демина, А. И. Кинчаров, Т. Ю. Таранова, ссылаясь также на работу В. Н. Пакуль, А. В. Шерина [15, с. 700]. Крупность зерна в условиях Западной Сибири, в связи с особенностями распределения осадков в период вегетации, играет существенную роль в повышении продуктивности колоса [16, с. 791]. В наших исследованиях негативное влияние засушливых лет (2010, 2012, 2020) выразилось в снижении урожайности в среднем за эти годы в двух сроках посева на 45,7 % ц/га (таблица 1).

В жестких условиях недостатка влаги в период налива зерна масса 1000 зерен снизилась на 16,2 %. Наиболее стабильна натура зерна (–0,5 %). Качественные показатели зерна, сформированные при повышенном тепловом режиме и недостатке влаги в период налива зерна, оказались на более высоком уровне, чем при достаточном влагообеспечении. Повышение показателя отмечено по содержанию клейковины (+10,6 %), ее качеству, по объему хлеба (+14,3 %) и особенно по силе муки (+47,6 %), что дает возможность формирования в условиях засухи партии сильной пшеницы. Отмечено положительное влияние крупности зерна на урожайность как в благоприятные годы, так и в годы засухи ($r = 0,63 \dots 0,98$). Выполненность зерна при недостатке влаги, особенно при раннем сроке посева, приобретает большую значимость. Наблюдается прочная связь с урожайностью и стекловидностью и отрицательная с содержанием клейковины, объемом хлеба и силой муки ($r = 0,65$). Формирование стекловидного зерна играет важную роль в засушливых условиях. Прослеживается тесная связь показателя стекловидности зерна с урожайностью, массой 1000 зерен, натурой и меньше с содержанием клейковины, объемом хлеба и силой муки, особенно при раннем сроке посева. При посеве во второй декаде мая эта связь ослабевает.

Повышенная температура и снижение осадков (до определенного уровня) в период созревания зерна ведут к увеличению содержания клейковины. Такие условия способствуют образованию крепкой, упругой, малорастяжимой клейковины, тогда как пониженные

температуры и увеличение влажности воздуха вызывают ее ослабление [17, с. 8]. Показатели качества зерна, как правило, улучшаются: содержание клейковины – на 3,4 %, качество клейковины на 15,1 е. п. ИДК, сила муки на 102,7 е. а., объем хлеба на 106 г/л. Содержание клейковины в благоприятные годы зависит от хорошо выполненного и стекловидного зерна ($r = 0,41...0,44$, $r = 0,24...0,84$), в засуху щуплое и мучнистое зерно формирует больше клейковины, но клейковина худшего качества.

Посев в основной рекомендованной для зоны срок (II–III декада мая) несколько снижает влияние стресса на растение (таблица 2). Показатели продуктивности и физических свойств зерна возрастают, но наблюдается некоторое снижение содержания клейковины (на 1,2 %), силы муки (на 5,3 е. а.) и значительно снижается объем хлеба (на 73,2 е. п.).

В литературе отмечается, что высокое качество зерна формируется при оптимальных сроках, но в конкретных условиях района они разные, и правильное их установление является важной задачей [18, с. 42]. Роль внешних условий наиболее ощутима в засуху. Немаловажное значение в этих условиях приобретает срок посева. При возникновении дефицита влаги сорта всех биотипов по длине вегетационного периода при посеве в ранний срок (I декада мая) снижают уро-

вень показателей по сравнению с более поздним посевом (таблица 3). В этих условиях скороспелые сорта формируют более крупное зерно по сравнению с другими при посеве как в ранний срок (29,0 г), так и в оптимальный (31,3 г). Скороспелые сорта формируют не только крупное, но и хорошо выполненное зерно (749,7–776,7 г/л). У среднеспелых сортов при раннем сроке посева выше содержание клейковины хорошего качества и объем хлеба, чем у скороспелых и среднепоздних. Более позднеспелые сорта проявляют свои качества при посеве в оптимальный срок. Они накапливают больше клейковины (35,9%), формируют стекловидное зерно (61,8%).

Полученные данные подтверждают зависимость качества зерна от гидротермических условий года в тенденции улучшения всех качественных показателей при недостатке влаги [19, с. 34]. Показатели качества сортов, отнесенных к разным группам (сильная, ценная, филлер), предположительно должны в этих условиях выравниваться. Анализ данных показал, что урожайность, масса 1000 зерен, стекловидность в этих условиях изменялись соответственно генотипу сорта, а не группы качества (таблица 4). Содержание и качество клейковины, объем хлеба, сила муки лучше у сильной пшеницы и снижается от ценной к филлеру.

Таблица 1
Влияние засухи на урожайность и показатели качества зерна яровой мягкой пшеницы сортов КСИ, 2005–2020 гг.

Показатель	Ранний срок посева			Оптимальный срок посева			Среднее
	ГТК 0,3–0,36	ГТК 0,8–1,2	Влияние засухи	ГТК 0,3–0,36	ГТК 0,8–1,2	Влияние засухи	
Урожайность, ц/га	13,4	26,3	–12,9	14,9	25,8	–10,9	–11,9
Масса 1000 зерен, г	28,0	36,0	–8,0	30,8	34,3	–3,5	–5,7
Натура, г/л	743,7	767,1	–23,4	770,9	754,9	–16,0	–19,7
Стекловидность, %	56,8	55,5	1,3	59,3	56,2	3,1	2,2
Клейковина, %	36,0	32,2	3,8	34,8	31,8	3,0	3,4
ИДК, е. п.	83,0	91,2	–8,3	71,9	93,7	–21,8	–15,1
Сила муки (W, е. а.)	323,3	231,4	91,9	318,0	204,4	113,6	102,7
Объем хлеба, г/л	882,7	734,1	148,6	809,5	746,1	63,4	106,0

Примечание. ГТК 0,3–0,36: 2010, 2012, 2020 гг. ГТК 0,8–1,2: 2005–2009, 2011, 2013–2019 гг.

Table 1
The influence of drought on the yield and grain quality indicators of spring soft wheat of CVT varieties, 2005–2020

Indicators	Early sowing date			Optimal sowing time			Mean
	HTC 0.3–0.36	HTC 0.8–1.2	Drought impact	HTC 0.3–0.36	HTC 0.8–1.2	Drought Impact	
Productivity, c/ha	13.4	26.3	–12.9	14.9	25.8	–10.9	–11.9
Weight of 1000 grains, g	28.0	36.0	–8.0	30.8	34.3	–3.5	–5.7
Nature, g/l	743.7	767.1	–23.4	770.9	754.9	–16.0	–19.7
Glassiness, %	56.8	55.5	1.3	59.3	56.2	3.1	2.2
Gluten, %	36.0	32.2	3.8	34.8	31.8	3.0	3.4
IDK, u. i.	83.0	91.2	–8.3	71.9	93.7	–21.8	–15.1
Flour strength (W, u. a.)	323.3	231.4	91.9	318.0	204.4	113.6	102.7
Bread volume, g/l	882.7	734.1	148.6	809.5	746.1	63.4	106.0

Note. HTC 0.3–0.36: 2010, 2012, 2020. HTC 0.8–1.2: 2005–2009, 2011, 2013–2019.

Таблица 2
Влияние срока посева на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы сортов КСИ в условиях засухи, 2010, 2012, 2020 гг.

Показатель	Ранний срок посева	Оптимальный срок посева	Оптимальный к раннему, +/-
Урожайность, ц/га	13,4	14,9	1,5
Масса 1000 зерен, г	28,0	30,8	2,8
Натура, г/л	743,7	770,9	27,2
Стекловидность, %	56,8	59,3	2,5
Клейковина, %	36,0	34,8	-1,2
ИДК, е. п.	83,0	71,9	-11,1
Сила муки (W, е. а.)	323,3	318,0	-5,3
Объем хлеба, г/л	882,7	809,5	-73,2

Table 2
The influence of the sowing time on the yield and grain quality of spring soft wheat of CVT varieties in drought conditions, 2010, 2012, 2020

Indicators	Early sowing date	Optimal sowing time	Early sowing date to optimal sowing time, +/-
Productivity, c/ha	13.4	14.9	1.5
Weight of 1000 grains, g	28.0	30.8	2.8
Nature, g/l	743.7	770.9	27.2
Glassiness, %	56.8	59.3	2.5
Gluten, %	36.0	34.8	-1.2
IDK, u. i.	83.0	71.9	-11.1
Flour strength (W, u. a.)	323.3	318.0	-5.3
Bread volume, g/l	882.7	809.5	-73.2

Таблица 3
Хозяйственно-ценные показатели сортов разных биотипов по созреванию в условиях засухи, 2010, 2012, 2020 гг.

Показатель	Ранний срок посева, группа			Оптимальный срок посева, группа		
	Скоро-спелая	Средне-спелая	Средне-поздняя	Скоро-спелая	Средне-спелая	Средне-поздняя
Урожайность, ц/га	12,3	13,5	13,8	14,2	15,0	15,5
Масса 1000 зерен, г	29,0	27,2	27,8	31,3	28,8	29,4
Стекловидность, %	55,7	58,0	57,3	55,9	60,3	61,8
Клейковина, %	35,6	36,6	35,8	34,8	33,8	35,9
ИДК, е. п.	77,3	82,0	90,3	68,8	67,4	79,4
Натура, г/л	749,7	738,3	742,3	776,7	766,6	769,9
Сила муки (W, е. а.)	337,0	322,7	309,7	323,6	333,5	296,9
Объем хлеба, г/л	879,3	919,7	848,0	849,6	784,4	795,2

Table 3
Formation of the main economically valuable indicators of different biotypes of spring bread wheat under drought conditions, 2010, 2012, 2020

Indicators	Early sowing date, group			Optimal sowing time, group		
	Early maturing	Mid-maturing	Mid-late	Early maturing	Mid-maturing	Mid-late
Productivity, c/ha	12.3	13.5	13.8	14.2	15.0	15.5
Weight of 1000 grains, g	29.0	27.2	27.8	31.3	28.8	29.4
Nature, g/l	55.7	58.0	57.3	55.9	60.3	61.8
Glassiness, %	35.6	36.6	35.8	34.8	33.8	35.9
Gluten, %	77.3	82.0	90.3	68.8	67.4	79.4
IDK, u. i.	749.7	738.3	742.3	776.7	766.6	769.9
Flour strength (W, u. a.)	337.0	322.7	309.7	323.6	333.5	296.9
Bread volume, g/l	879.3	919.7	848.0	849.6	784.4	795.2

Показатели сортов разного качества в условиях засухи (2010, 2012 гг.)

Показатель	Сильная	Ценная	Филлер
Урожайность, ц/га	8,3	12,9	13,2
Масса 1000 зерен, г	29,5	34,5	28,7
Стекловидность, %	49,5	56	64,5
Клейковина, %	40,5	34,3	34,9
ИДК, е. п.	52	50	65
Натура, г/л	760	772	764
Сила муки (W, е. а.)	526	259	371
Объем хлеба, г/л	1022	980	887

Примечание. Сильная – Новосибирская 15; ценная – Омская 36; филлер – Исеть 45.

Table 4

Indicators of varieties of different quality in the conditions of 2010, 2012

Indicators	Strong	Valuable	Filler
Productivity, c/ha	8.3	12.9	13.2
Weight of 1000 grains, g	29.5	34.5	28.7
Nature, g/l	49.5	56	64.5
Glassiness, %	40.5	34.3	34.9
Gluten, %	52.5	50	65
IDK, u. i.	760.5	772	764
Flour strength (W, u. a.)	526.5	259	371
Bread volume, g/l	1022.5	980	887.5

Note. Strong – Novosibirskaya 15; valuable – Omskaya 36; filler – Iset' 45.

Таблица 5

Урожайность сорта яровой мягкой пшеницы Зауралочка на ГСУ Курганской области в засушливые годы (2012, 2020)

ГСУ	Урожайность, ц/га					
	2012			2020		
	Зауралочка	Терция (стандарт)	+/- к стандарту	Зауралочка	Геракл (стандарт)	+/- к стандарту
Белозерский, пар	8,6	8,2	+0,4	24,1	20,2	+3,9
Макушинский, пар	16,8	15,2	+1,6	17,7	17,1	+0,6
Далматовский, пар	13,3	12,1	+1,2	23,9	19,6	+4,3
Куртамышский, горох	6,0	6,0	0,0	14,6	11,9	+2,7
Половинский, пар	27,0	26,9	+0,1	20,7	21,1	-0,4
Среднее	14,3	13,7	+0,6	20,2	18,0	+2,2

Table 5

The yield of the spring soft wheat variety Zauralochka at the SVT of the Kurgan region 2012, 2020

State variety testing plot	Productivity, c/ha					
	2012			2020		
	Zauralochka	Tertsya, standard	+/- to standard	Zauralochka	Gerakl, standard	+/- to standard
Belozerskiy, fallow	8.6	8.2	+0.4	24.1	20.2	+3.9
Makushinskiy, fallow	16.8	15.2	+1.6	17.7	17.1	+0.6
Dalmatovski, fallow	13.3	12.1	+1.2	23.9	19.6	+4.3
Kurtamyshskiy, peas	6.0	6.0	0.0	14.6	11.9	+2.7
Polovinskiy, fallow	27.0	26.9	+0.1	20.7	21.1	-0.4
Average	14.3	13.7	+0.6	20.2	18.0	+2.2

Главное качество засухоустойчивого сорта для практики заключается в способности в условиях засухи меньшего снижения урожайности, чем у неустойчивых сортов. Для обозначения этого понятия Е. Ф. Вотчал вводит термин «засухоурожайность» [20], В. А. Драгавцев – «засухопродуктивность» [4, с. 490].

Полевая оценка засухоустойчивости требует многолетних исследований, так как засушливые явления возникают не ежегодно. Успешно прошел испытание

на засухоустойчивость сорт яровой мягкой пшеницы селекции Курганского НИИСХ Зауралочка, показавший хорошие результаты при испытании в остро засушливые годы (2012, 2020) на ГСУ Курганской области при средней урожайности 20,2 ц/га, превысив стандарт Геракл на 2,2 ц/га (таблица 5). По данным испытания, сорт Зауралочка был внесен в реестр селекционных достижений и районирован в 2014 году по Курганской области.

Таблица 6

Урожайность сорта яровой мягкой пшеницы Зауралочка по пунктам экологического испытания в условиях засухи, 2012 г.

Пункт экологического сортоиспытания	Урожайность, ц/га		
	Зауралочка	Омская 36, стандарт	+/- к стандарту
Госсортоучастки			
Курганская область, ГСУ	14,4	13,3	+1,1
Башкортостан, ГСУ	17,3	15,1	+2,2
Тюменская область, ГСУ	31,2	30,3	+0,9
Пункты испытания по программе КАСИБ			
Актюбинская СХОС	8,3	9,4	-1,1
КазНИИЗиР	13,0	10,3	+2,7
Карабалыкская СХОС	10,4	11,7	-1,3
Карагандинский НИИРиС	13,9	13,5	+0,4
Павлодарский НИИСХ	11,1	11,3	-0,2
НПФ «Фитон»	14,8	15,4	-0,6
Алтайский НИИСХ	11,1	8,7	+2,4
Курганский НИИСХ	9,7	9,1	+0,6
Кургансемена	14,0	11,0	+3,0
СибНИИРС	17,5	14,5	+3,0
СибНИИСХ	19,3	16,8	+2,5
Челябинский НИИСХ	22,6	16,7	+5,9
Среднее	13,8	12,4	+1,4

Table 6

Yield of the Zauralochka spring bread wheat variety according to the points of ecological testing in drought conditions, 2012

Points of ecological variety testing	Productivity, c/ha		
	Zauralochka	Omskaya 36, standard	+/- to standard
State variety sites			
Kurgan region, State variety testing plot	14.4	13.3	+1.1
Bashkortostan, State variety testing plot	17.3	15.1	+2.2
Tyumen region, State variety testing plot	31.2	30.3	+0.9
Test points according to the program KASIB			
Aktobe Agricultural Experimental Station	8.3	9.4	-1.1
Kazakh Research Institute of Farming and Crop Production	13.0	10.3	+2.7
Karabalyk Agricultural Research Institute	10.4	11.7	-1.3
Karaganda Agricultural Experimental Station	13.9	13.5	+0.4
Pavlodar Agricultural Research Institute	11.1	11.3	-0.2
Fiton Private Company	14.8	15.4	-0.6
Altay Research Center of Agrobiotechnologies	11.1	8.7	+2.4
Kurgan Agricultural Research Institute	9.7	9.1	+0.6
Kurgan Seed Private Company	14.0	11.0	+3.0
Siberian Institute of Crop Production and Breeding	17.5	14.5	+3.0
Omsk Agrarian Center	19.3	16.8	+2.5
Chelyabinsk Agricultural Research Institute	22.6	16.7	+5.9
Average	13.8	12.4	+1.4

По данным испытания сорт Зауралочка был внесен в реестр селекционных достижений и районирован в 2014 году по 9 региону (Курганская, Челябинская, Оренбургская области, Республика Башкортостан).

Оценка сортов в экологическом сортоиспытании по продуктивности и урожайности, устойчивости к неблагоприятным условиям вегетации позволяет выделить из большого количества изучаемых сортов те,

которые отличаются наибольшей степенью адаптации к условиям конкретного региона [21, с. 11].

Экологическое сортоиспытание по проекту КАСИБ (Казахстанско-Сибирская сеть по улучшению пшеницы) позволяет оценить сорта в разных природно-климатических условиях России и Казахстана по следующим показателям: урожайность, качество зерна, устойчивость к биотическим и абиотическим фак-

торам и др. В условиях засухи (2012 г.) в среднем по 12 пунктам КАСИБ Зауралочка превысила Омскую 36 на 1,4 ц/га (таблица 6). Наибольшее превышение от 2,7 до 5,9 ц/га получено по пунктам Казахстана (КазНИИЗиР), Сибири (СибНИИРС, СибНИИСХ), Урала (Кургансемена, Челябинский НИИСХ), Алтая (Алтайский НИИСХ). В условиях засухи на госсортоучастках Башкортостана сорт превысил стандарт на 2,2 ц/га, в так называемых теплых районах формировал урожайность от 13 до 40 ц/га, превышая стандарт Омская 36 в среднем от 3 до 6 ц/га, максимально до 11 ц/га на Абзелинском ГСУ. В РГП «Национальный центр биотехнологии» КНМОНРК Казахстана при характеристике признака засухоустойчивости *in vitro* сорт отнесен к группе с повышенной засухоустойчивостью ($I_r = 58,3$).

Широкое экологическое сортоиспытание в экстремальных условиях по влагообеспечению позволяет отнести сорт Зауралочка к засухоустойчивым.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Негативное влияние засухи сильнее всего сказывается на уровне урожайности. Посев в основной рекомендованной для зоны срок несколько снижает влияние стресса на растение. Существенное влияние на формирование урожайности оказывает крупность зерна. Тесная корреляционная связь прослеживается как в годы, благоприятные для формирования высокой урожайности, так и в годы засухи ($r = 0,63-0,98$). При недостатке влаги большую значимость ($r = 0,65$)

приобретает выполненность, стекловидность зерна.

В жестких условиях формирования зерна показатели качества зерна предсказуемо улучшаются: содержание клейковины – на 3,4 %, качество клейковины – на 15,1 е. п., сила муки – на 102,7 е. а., объем хлеба – на 106 г/л. Содержание клейковины в благоприятные годы зависит от хорошо выполненного и стекловидного зерна ($r = 0,41...0,44$, $r = 0,24...0,84$ соответственно), в засуху щуплое и мучнистое зерно формирует больше клейковины, но она худшего качества.

Широкое экологическое сортоиспытание в разных почвенно-климатических зонах позволило выделить по засухоустойчивости сорт мягкой яровой пшеницы Зауралочка, отличающийся пластичностью и стабильностью по урожайности и качеству зерна, востребованный в производстве.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в Курганском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в лаборатории селекции пшеницы в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме № 0532-2021-0008 «Создание конкурентоспособных, высокоурожайных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных культур и картофеля мирового уровня на основе перспективных генетических ресурсов, устойчивых к био- и абиотическим факторам».

Библиографический список

1. Carvalho D., Cardoso Pereira, Rocha A. Future surface temperature changes for the Iberian Peninsula according to EURO-CORDEX climate projections // *Climate Dynamics*. 2020. No. 9. Pp. 123–138.
2. «Засуха беспрецедентная». В России возможны потери урожая [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bfm.ru/news/448584> (дата обращения: 29.03.2021).
3. Залыцман В. А. Климат и агротехнологии: некоторые приемы борьбы с засухой // *Нивы России*. 2018. № 8 (163). С. 69.
4. Драгавцев В. А., Михайленко И. М., Проскуряков М. А. Неканонический подход к решению задачи наследственного повышения засухоустойчивости у растений (на примере хлебных злаков) // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. № 52 (3). С. 487–500.
5. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Моргунов А. И., Зеленский Ю. И. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников казахстанско-сибирской селекции пшеницы // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017. Т. 21. № 5. С. 515–522.
6. Максимов Н. А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1952. 2 т.
7. Гапоненко А. К. Засухоустойчивые сорта – это золото [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/zasuhoustoichivye-sorta-yeto-zoloto.html> (дата обращения: 20.03.2021).
8. Гулянов Ю. А., Чибилев А. А., Чибилев (мл.) А. А. Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // *Юг России: экология, развитие*. 2020. Т. 15. № 1 (54). С. 79–88.
9. Тагманова Д. С., Ергалиева А. Ж., Райзер О. Б., Хапилина О. Н. Оценка генотипов яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость в условиях *in vitro* // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. 2013. № 2. С. 4–12.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 1985. 269 с.
11. Прянишников А. И. Научные основы адаптивной селекции в Поволжье. Москва: РАН, 2018. 96 с.
12. Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Энговатова И. В., Лиховид Н. Г. Использование данных дистанционного зондирования земли для региональной оценки качества зерна озимой пшеницы // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2020. Т. 26. № 3. С. 240–251.
13. Келер В. В. Варьирование содержания количества клейковины в зерне мягкой яровой пшеницы под влиянием метеорологических условий Красноярского края // *Вестник КрасГАУ*. 2020 № 2 (155). С. 58–62.

14. Ленточкин А. М. Состояние производства и потребления зерна // Пермский аграрный вестник. 2019. № 2 (26). С. 78–87.
15. Демина Е. А., Кинчаров А. И., Таранова Т. Ю. Сравнительная оценка исходного материала яровой мягкой пшеницы по массе 1000 зерен // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2-4 (82). С. 700–704.
16. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22 (7). С. 784–794.
17. Филиппова Е. А., Мальцева Л. Т., Банникова Н. Ю., Семенова Т. В. Влияние природных факторов на вегетационный период, продуктивность и качество сортов мягкой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4. С. 4–9.
18. Калабина Т. С., Елисеев С. Л., Яркова Н. Н. Урожайность, технологические показатели качества зерна и хлебопекарные свойства муки озимой пшеницы // Пермский аграрный вестник. 2020. № 4 (32). С. 41–49.
19. Филиппова Е. А., Мальцева Л. Т., Банникова Н. Ю., Дробот И. А. Формирование основных показателей качества зерна // Аграрный вестник Урала. 2017. № 5. С. 33–39.
20. Вотчал Е. Ф. Научные записки по сахарной промышленности. ВНИС. Кн. 3-4. Киев, 1938.
21. Коробова Н. А., Коробов А. П., Целуйко О. А. Урожайность новых сортов гороха ФГБНУ ФРАНЦ в экологическом сортоиспытании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (85). С. 61–65.

Об авторах:

Лидия Терентьевна Мальцева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0003-3011-8221, AuthorID 619086; +7 (912) 978-38-81, feokniish@rambler.ru

Елена Александровна Филиппова¹, старший научный работник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0001-8209-9603, AuthorID 621300; +7 (963) 006-00-20, elena-filippova-kniich@mail.ru

Наталья Юрьевна Банникова¹, старший научный работник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0003-4436-6592, AuthorID 618742; +7 (963) 004-86-83, bannikova91958@yandex.ru

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

Reaction of spring soft wheat to drought in the forest-steppe of the Trans-Urals

L. T. Maltseva¹✉, E. A. Filippova¹, N. Yu. Bannikova¹

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

✉E-mail: feokniish@rambler.ru

Abstract. The purpose of the research is the reaction of spring soft wheat varieties to dry phenomena during the growing season in the forest-steppe zone of the Trans-Urals. **Methods.** The material was 24 varieties of various biotypes for maturation from the nursery of the competitive variety testing of the Kurgan Research Institute of Agricultural Sciences. **Results.** The negative effect of the drought reduced the yield in the experiments by 11.9 c/ha, the weight of 1000 grains by 5.7 g, and the nature by 19.7 g/l. The influence of grain size on the yield both in favorable years and in years of drought was noted ($r = 0.63 \dots 0.98$). In arid conditions, vitreous is correlated with yield, 1000 grain weight, in kind, to a lesser extent with gluten content, bread volume, and "flour strength". The lack of moisture during the grain filling period increased the gluten content by 3.4 %, the quality by 15.1 e. p. IDC, the flour strength by 102.7 e. a., the volume of bread by 106 g/l. In favorable years, the weight of 1000 grains and the vitreous content of the grain correlate with gluten ($r = 0.44$; $r = 0.24 \dots 0.84$). Indicators of productivity and physical properties of grain increase when sowing at the optimal time, with a certain decrease in the gluten content (by 1.2 %), flour strength (by 5.3 e. a.), bread volume (by 73.2 e. p.). In the early sowing period, moisture deficiency reduces the indicators for all varieties. Under these conditions, early-maturing varieties form a larger grain both when sowing at an early time (29.0 g) and when sowing at the optimal (31.3 g). In a drought, the role of the variety is especially high. High drought resistance was shown by the Zauralochka variety of the Kurgan Research Institute of Agriculture, which successfully passed the test in the dry years (2012, 2020) in the GSI system and in the environmental test (KASIB). The yield of the drought-resistant variety Zauralochka on average for the HSU was 20.2 c/ha, exceeding the standard Hercules by 2.2 c/ha. **Scientific novelty.** The features of the influence of dry phenomena on the yield and the main indicators of the quality

of varieties are revealed, the correlation between them is determined. According to drought resistance, a variety of spring soft wheat Zauralochka was selected.

Keywords: drought, yield, quality, biotype, spring wheat.

For citation: Maltseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu. Reaktsiya yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhu v lesostepi Zauralya [Reaction of spring soft wheat to drought in the forest-steppe of the Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-9-18. (In Russian.)

Date of paper submission: 03.06.2021, **date of review:** 16.09.2021, **date of acceptance:** 26.11.2021.

References

1. Carvalho D., Cardoso Pereira, Rocha A. Future surface temperature changes for the Iberian Peninsula according to EURO-CORDEX climate projections // *Climate Dynamics*. 2020. No. 9. Pp. 123–138.
2. “Zasukha bespredsedennaya”. V Rossii vozmozhny poteri urozhaya [The drought is unprecedented. Crop losses are possible in Russia] [e-resource]. URL: <https://www.bfm.ru/news/448584> (date of reference: 29.03.2021). (In Russian.)
3. Zal'tsman V. A. Klimat i agrotekhnologii: nekotorye priemy bor'by s zasukhoi [Climate and agricultural technologies: some techniques for combating drought] // *Nivy Rossii*. 2018. No. 8 (163). P. 69. (In Russian.)
4. Dragavtsev V. A., Mikhaylenko I. M., Proskuryakov M. A. Nekanonicheskiy podkhod k resheniyu zadachi nasledstvennogo povysheniya zasukhoustoychivosti u rasteniy (na primere khlebnnykh zlakov) [Non-canonical approach to solving the problem of hereditary increase of drought resistance in plants (on the example of cereals)] // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2017. No. 52 (3). Pp. 487–500. (In Russian.)
5. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Morgunov A. I., Zelenskiy Yu. I. Zasukhoustoychivyy genofond tverdoy yarovoy pshenitsy, identifikirovanny v mnogoletnikh ispytaniyakh pitomnikov kazakhstansko-sibirskoy selektsii pshenitsy [Drought-resistant gene pool of durum spring wheat, identified in long-term tests of nurseries of Kazakh-Siberian wheat breeding] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017. T. 21. No. 5. Pp. 515–522. (In Russian.)
6. Maksimov N. A. Izbrannye raboty po zasukhoustoychivosti i zimostoykosti rasteniy [Selected works on drought resistance and winter hardiness of plants]. Moscow: Izd-vo Akad. nauk SSSR, 1952. 2 t. (In Russian.)
7. Gaponenko A. K. Zasukhoustoychivye sorta – eto zoloto [Drought-resistant varieties are gold] [e-resource]. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/zasukhoustoychivye-sorta-yeto-zoloto.html> (date of reference: 20.03.2021). (In Russian.)
8. Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A., Chibilev (jr.) A. A. Rezervy povysheniya urozhaynosti i kachestva zerna ozimoy pshenitsy i ikh zavisimost' ot geterogennosti posevov v usloviyakh stepnoy zony Orenburgskogo Predural'ya [Reserves for increasing the yield and quality of winter wheat grain and their dependence on the heterogeneity of crops in the conditions of the steppe zone of the Orenburg Urals] // *South of Russia: ecology, development*. 2020. T. 15. No. 1 (54). Pp. 79–88. (In Russian.)
9. Tagimanova D. S., Ergalieva A. Zh., Rayzer O. B., Khapilina O. N. Otsenka genotipov yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhoustoychivost' v usloviyakh in vitro [Evaluation of spring soft wheat genotypes for drought resistance in vitro] // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. 2013. No. 2. Pp. 4–12. (In Russian.)
10. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, 1985. 269 p. (In Russian.)
11. Pryanishnikov A. I. Nauchnye osnovy adaptivnoy selektsii v Povolzh'e. [Scientific bases of adaptive breeding in the Volga region]. Moscow: RAN, 2018. 96 p. (In Russian.)
12. Eroshenko F. V., Storchak I. G., Engovatova I. V., Likhovid N. G. Ispol'zovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya zemli dlya regional'noy otsenki kachestva zerna ozimoy pshenitsy [The use of Earth remote sensing data for regional assessment of winter wheat grain quality] // *InterKarto. InterGIS*. 2020. T. 26. No. 3. Pp. 240–251. (In Russian.)
13. Keler V. V. Var'irovanie soderzhaniya kolichestva kleykoviny v zerne myagkoy yarovoy pshenitsy pod vliyaniem meteorologicheskikh usloviy Krasnoyarskogo kraya [Variation of the content of the amount of gluten in the grain of soft spring wheat under the influence of meteorological conditions of the Krasnoyarsk territory] // *Vestnik KrasGAU*. 2020. No. 2 (155). Pp. 58–62. (In Russian.)
14. Lentochkin A. M. Sostoyanie proizvodstva i potrebleniya zerna [The state of grain production and consumption] // *Perm Agrarian Journal*. 2019. No. 2 (26). Pp. 78–87. (In Russian.)
15. Demina E. A., Kincharov A. I., Taranova T. Yu. Sravnitel'naya otsenka iskhodnogo materiala yarovoy myagkoy pshenitsy po masse 1000 zeren [Comparative assessment of the source material of spring soft wheat by weight of 1000 grains] // *Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018. T. 20. No. 2-4 (82). Pp. 700–704. (In Russian.)

16. Piskarev V. V., Zuev E. V., Brykova A. N. Iskhodnyy material dlya selektsii yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Novosibirskoy oblasti [Source material for the selection of spring soft wheat in the conditions of the Novosibirsk region] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. No. 22 (7). Pp. 784–794. (In Russian.)
17. Filippova E. A., Mal'tseva L. T., Bannikova N. Yu., Semenova T. V. Vliyanie prirodnykh faktorov na vegetatsionnyy period, produktivnost' i kachestvo sortov myagkoy pshenitsy [Influence of natural factors on the growing season, productivity and quality of soft wheat varieties] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 4. Pp. 4–9. (In Russian.)
18. Kalabina T. S., Eliseev S. L., Yarkova N. N. Urozhaynost', tekhnologicheskie pokazateli kachestva zerna i khlebopekarnye svoystva muki ozimoy pshenitsy [Productivity, technological indicators of grain quality and baking properties of winter wheat flour] // Perm Agrarian Journal. 2020. No. 4 (32). Pp. 41–49. (In Russian.)
19. Filippova E. A., Mal'tseva L. T., Bannikova N. Yu., Drobot I. A. Formirovaniye osnovnykh pokazateley kachestva zerna [Formation of the main indicators of grain quality] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 5. Pp. 33–39. (In Russian.)
20. Votchala E. F. Nauchnye zapiski po sakharной promyshlennosti [Scientific notes on the sugar industry]. VNIS. Kn. 3–4, Kiev, 1938. (In Russian.)
21. Korobova N. A., Korobov A. P., Tseluyko O. A. Urozhaynost' novykh sortov gorokha FGBNU FRANTs v ekologicheskom sortoispytanii [Productivity of new varieties of peas of FGBNU FRANTS in ecological variety testing] // IZVESTIA Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 5 (85). Pp. 61–65. (In Russian.)

Authors' information:

Lidiya T. Maltseva¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0003-3011-8221, AuthorID 619086; +7 (912) 978-38-81, feokniish@rambler.ru

Elena A. Filippova¹, senior researcher of the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0001-8209-9603, AuthorID 621300; +7 (963) 006-00-20, elena-filippova-kniich@mail.ru

Natalya Yu. Bannikova¹, senior researcher of the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0003-4436-6592, AuthorID 618742; +7 (963) 004-86-83, bannikova91958@yandex.ru

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

Урожайность и кормовая ценность сортов люцерны в условиях Западно-Казахстанской области

А. М. Нурғалиев^{1✉}, Р. Ш. Джапаров¹, Г. К. Нурғалиева¹, Э. К. Аккереева¹

¹ Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан

✉ E-mail: akylbeknurgaliyev@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – провести сравнительную оценку сортов люцерны изменчивой и выявить наиболее продуктивные и адаптированные к условиям региона сорта с целью дальнейшего их районирования. В статье представлены результаты исследований по изучению сортов люцерны Карабалыкская 18, Рамблер, Уральская синяя, Семиреченская местная, Красновоподская 8. Приводятся данные по всхожести семян и сохранности растений по годам жизни, урожайности и кормовости посевов. **Методы:** полевой и расчетный (для определения кормовости). **Результаты.** На посевах 2011 г. по полевой всхожести выделились сорта Карабалыкская 18 (45,8 %) и Семиреченская местная (42,8 %). По 4-летним данным наиболее высокий процент сохранности у сортов Карабалыкская 18 (14,2 %) и Уральская синяя (13,9 %). А наименьшее количество сохранившихся растений отмечено у сорта люцерны Красновоподская 8 (10,4 %). Посевы следующего года дали более дружные всходы за счет несколько высоких показателей весенних осадков и температуры воздуха. И по проценту сохранности посевы 2012 г. превосходили предыдущие. Так, у сортов Карабалыкская 18 и Рамблер этот показатель равнялся 15,1 % и 13,7 % соответственно, а у районированного сорта Уральская синяя сохранилось 15,7 % травостоя. Данные по определению урожайности зеленой массы и сена показывают, что 3 сорта из оцениваемых 4 превосходили стандартный сорт на 1,6–8,5 ц с 1 га по сбору зеленой массы и на 0,2–2,4 ц/га по урожаю сена. По кормовости наиболее высокие показатели у сорта Карабалыкская 18, а наименьшие – у Красновоподской 8. Так, на 5-м году жизни (посев 2011 г.) на 10 га посевов I сорта можно прокормить 48 голов КРС в течение месяца, а у II – 41. На травостоях районированного сорта Уральская синяя допустимо содержание 43 голов КРС.

Ключевые слова: люцерна, сорта, всхожесть семян, сохранность растений, площадь питания, травостой, зеленая масса, урожайность, сено, кормовость, КРС.

Для цитирования: Нурғалиев А. М., Джапаров Р. Ш., Нурғалиева Г. К., Аккереева Э. К. Урожайность и кормовая ценность сортов люцерны в условиях Западно-Казахстанской области // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 19–28. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-19-28.

Дата поступления статьи: 25.10.2021, **дата рецензирования:** 05.11.2021, **дата принятия:** 15.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

На современном этапе развития сельского хозяйства дальнейший рост производства продукции животноводства немыслим без прочной кормовой базы и обеспечения всех видов скота полноценными сбалансированными по протеину кормами [1, с. 45].

Одно из ведущих мест в кормовой базе занимают многолетние травы, которые являются наиболее дешевым сырьем в кормопроизводстве [2, с. 58]. Многолетние бобовые травы – главный компонент поливидовых и бинарных посевов, продукция которых в первую очередь должна обеспечивать животных полноценными кормами. Кроме того, их возделывание способствует сохранению и повышению содержания гумуса.

Расширение посевов многолетних трав в полевых севооборотах – один из путей интенсификации растениеводства благодаря не только увеличению объ-

ема внесения удобрений, но и обогащению почвы недорогими элементами питания, а также свежим органическим веществом [3, с. 30]. Особая роль в решении этой задачи отводится люцерне. Она является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур: после 2–3-летнего возделывания в почве накапливается около 10–12 т/га корней и пожнивных остатков, которые по содержанию макроэлементов равноценны внесению 4–7 т/га навоза [4, с. 27].

У люцерны более высокая кормовая ценность, чем у других кормовых растений, выращиваемых с высоким выходом протеина с единицы площади. Имеет разновидности, возделываемые в экстремальных климатических условиях, например, холодные зоны Аляски и Сибири с зимними холодами до –50 °С и Долина Смерти в Калифорнии, где летом температура повышается до 60 °С. Также есть разновидности,

имеющие возможность расти на разной высоте от уровня моря до 3000 м [5, с. 160].

Люцерна гибридная (изменчивая) применяется как компонент травосмеси для корма животных в виде зеленой массы, сена, сенажа, в качестве пастбищной культуры [6, с. 24]. Она является источником незаменимых аминокислот и витаминов для животных молочного и мясного направления [7, с. 8].

В условиях потепления и увеличения засушливости климата актуальной задачей является продвижение в северные регионы страны люцерны, которая превосходит многие травы по засухоустойчивости. По мнению некоторых исследователей, при повышении концентрации углекислого газа в атмосфере будут возрастать как урожайность люцерны, так и ее устойчивость к засухе. Урожайность трав зависит от густоты травостоев и мощности растений, поэтому одним из важнейших показателей многолетних трав является выживаемость растений. Исследования, проведенные в США, показали, что урожайность люцерны начинает снижаться при густоте менее 32–54 растения на 1 м², а нормальной плотностью травостоев для получения хороших урожаев является 600 побегов на 1 м² [8, с. 39–41]. Число стеблей зависит от возраста, площади питания, плодородия почвы [9, с. 10].

Отличная особенность сортов люцерны – сочетание зимостойкости и засухоустойчивости с урожайностью кормовой массы. А важным условием зимостойкости люцерны является осенний покой [10, с. 147]. В исследованиях, проведенных в Канзасском университете (США), приводятся данные о том, что люцерна, скошенная 15 и 30 сентября, имела более высокую устойчивость насаждений по сравнению с люцерной, убранной 15 и 30 октября [11, с. 307].

Создание устойчивой кормовой базы для развития животноводства в ближайшие годы является одной из ключевых задач сельского хозяйства и в Казахстане. Увеличение производства кормов планируется провести путем как значительного расширения посевных площадей, так и повышения урожайности сенокосов и пастбищ. Известно, что существенную роль в повышении урожайности и улучшении качества сельскохозяйственной продукции играют хороший сорт и полноценные семена [12, с. 37]. В связи с широким ареалом возделывания люцерны и повышения эффективности ее использования в современном сельском хозяйстве необходимо внедрять сорта нового поколения, обладающие широкой амплитудой устойчивости к абиотическим стрессовым факторам [13, с. 22].

В настоящее время сельскохозяйственному производству предлагается большой набор сортов различных селекционных центров страны и зарубежного происхождения, позволяющий подобрать для конкретного региона сорта, обеспечивающие наряду с высокой урожайностью кормовой массы наиболее равномерное поступление кормов в течение вегетационного периода, что очень важно для создания кормосырьевых конвейеров [14, с. 32].

В Западно-Казахстанской области Республики Казахстан районирован лишь один сорт люцерны – Уральская синяя. Она, по мнению ученых и практиков сельского хозяйства, по ряду хозяйственно ценных признаков не в полной мере удовлетворяет растущим требованиям интенсивного кормопроизводства. Многие мелкотоварные хозяйства области уже давно высевают другие, не районированные сорта люцерны, и это в первую очередь связано с тем, что они по урожайности вполне удовлетворяют необходимые потребности. Но некоторые хозяйства высевают другие сорта люцерны из-за отсутствия семян районированного сорта.

В условиях области испытали пять сортов люцерны: Карабалыкская 18, Семиреченская местная, Красновоподская 8, канадская люцерна Рамблер, за контроль приняли районированный по области сорт Уральская синяя.

Методология и методы исследования (Methods)

Посев всех сортов был проведен беспорочно, рядовым способом (15 см), с нормой высева 4 млн всхожих семян на га. Посевы провели в третьей декаде апреля, всходы отчетливо обозначились через две недели. Предшественником была яровая пшеница. Опытный участок расположен в сухостепной зоне в 20 км к западу от г. Уральска, где в свое время высевались зерновые, но из-за нецелесообразности ведения зернового хозяйства были оставлены и перешли в категорию залежей.

Подготовка опытного участка для посева заключалась в бороновании, разбивке участка согласно схеме опыта – 20 делянок по 100 м² (5 вариантов по 4 повторности) и закреплении границ опыта. Основная обработка почвы заключалась в отвальной пахоте осенью на глубину 25–27 см в сцепе с боронами «Зиг-Заг». Предпосевное боронование проводилось боронами «Штригель». Посев провели селекционной сеялкой точного высева «Винтерштайгер» с одновременным прикатыванием.

В дальнейшем в течение трех лет на посевах проводили подсчет количества растений на закрепленных площадках. Учет количества растений проводили по всходам перед уходом под зиму на первом году жизни, а на втором и третьем годах жизни – весной и осенью после отрастания и перед уходом под зиму. На основании весеннего количества растений по всходам определили полевую всхожесть, а в дальнейшем определяли процент перезимовки и сохранность растений за зимний и летний периоды.

Результаты (Results)

В посевах обоих лет получили неплохие всходы по всем изучаемым сортам люцерны. Полевая всхожесть различных сортов люцерны в посевах 2011 г. колеблется в пределах 40 %. Несколько выше, чем у остальных, показатель всхожести отмечен у сортов Карабалыкская 18 (46,0 %) и Семиреченская местная (43,0 %). Наименьший процент всхожести (38,2 %) отмечен у сорта Красновоподская 8. Вероятно, это связано с ее экологической неприспособленностью к

почвенно-климатическим особенностям сухостепной зоны Западно-Казахстанской области. Ведь этот сорт районирован только для одной области – Южно-Казахстанской. Однако дальнейшее наблюдение за ним показало, что он по многим параметрам уступал сорту Карабалыкская 18 и находился на одном уровне с районированным сортом Уральская синяя.

Дальнейшее наблюдение за количеством растений люцерны показывает, что из травостоя происходит выпадение растений как в летний период, так и зимой. Уже на первом году жизни к осени сохранилось от 31,9 до 42,8 % растений от всходов. Это следует объяснить биологическими особенностями люцерны и возможностью почвенных условий для их роста и развития. Лучшие показатели сохранности – у сортов

люцерны Рамблер (42,8 %), Красноводопадская 8 (39,8 %) и Уральская синяя (38,9 %). Худший показатель сохранности зафиксирован у сорта Семиреченская местная (31,9 %).

Подсчет отросшей люцерны весной второго года жизни показывает, что за зимний период происходит выпадение растений независимо от сорта. Лучший процент перезимовки отмечен у Уральской синей (78,4 %) и у Карабалыкской 18 (73,5 %). Остальные сорта сохранили растения на 55,7 (Красноводопадская 8) и более процентов. Но и на этом выпадение растений из травостоя не ограничилось. Наблюдалось незначительное выпадение растений в летний период второго и третьего годов жизни и после перезимовки (таблица 1).

Таблица 1
Полевая всхожесть и сохранность растений люцерны по годам жизни, шт/м²

Сорта люцерны	Годы жизни											
	1-й				2-й				3-й			
	Взошло	% всхожести	Осенью	% сохранности	Весной	% перезимовки	Осенью	% сохранности	Весной	% перезимовки	Осенью	% сохранности
Посев 2011 г.												
Уральская синяя	167	41,7	65	38,9	51	78,4	36	70,5	29	80,5	25	86,2
Карабалыкская 18	184	46,0	68	36,9	50	73,5	33	66,0	31	93,9	28	90,3
Семиреченская местная	172	43,0	55	31,9	39	70,9	27	69,2	24	88,8	21	87,5
Красноводопадская 8	153	38,2	61	39,8	34	55,7	30	88,2	26	86,6	19	73,0
Рамблер	168	42,0	72	42,8	42	58,3	35	83,3	28	80,0	23	82,1
Посев 2012 г.												
Уральская синяя	178	44,5	82	46,0	61	74,3	44	72,1	33	75,0	31	93,9
Карабалыкская 18	196	49,0	96	48,9	68	70,8	46	67,4	37	80,4	32	86,4
Семиреченская местная	186	46,5	78	71,9	53	67,9	39	73,5	31	79,4	27	87,0
Красноводопадская 8	172	43,0	77	44,7	41	53,2	33	80,4	26	78,8	22	84,6
Рамблер	186	16,5	98	52,6	54	55,1	45	83,3	32	71,1	27	84,3

Table 1
Field germination and safety of alfalfa plants by years of life, pcs/m²

Alfalfa varieties	Years of life											
	1 st				2 nd				3 rd			
	Ascended	Germination, %	In the autumn	% of surviving plants	In the spring	% overwintering	In the autumn	% of surviving plants	In the spring	% overwintering	In the autumn	% of surviving plants
Sowing 2011												
Ural'skaya sinyaya	167	41.7	65	38.9	51	78.4	36	70.5	29	80.5	25	86.2
Karabalykskaya 18	184	46.0	68	36.9	50	73.5	33	66.0	31	93.9	28	90.3
Semirechenskaya mestnaya	172	43.0	55	31.9	39	70.9	27	69.2	24	88.8	21	87.5
Krasnovodopadskaya 8	153	38.2	61	39.8	34	55.7	30	88.2	26	86.6	19	73.0
Rambler	168	42.0	72	42.8	42	58.3	35	83.3	28	80.0	23	82.1
Sowing 2012												
Ural'skaya sinyaya	178	44.5	82	46.0	61	74.3	44	72.1	33	75.0	31	93.9
Karabalykskaya 18	196	49.0	96	48.9	68	70.8	46	67.4	37	80.4	32	86.4
Semirechenskaya mestnaya	186	46.5	78	71.9	53	67.9	39	73.5	31	79.4	27	87.0
Krasnovodopadskaya 8	172	43.0	77	44.7	41	53.2	33	80.4	26	78.8	22	84.6
Rambler	186	16.5	98	52.6	54	55.1	45	83.3	32	71.1	27	84.3

Таблица 2
Площадь питания 1 растения люцерны
по годам жизни, дм²

Сорт люцерны	Годы жизни		
	1-й	2-й	3-й
Посев 2011 г.			
Уральская синяя	1,53	2,27	4,00
Карабалыкская 18	1,47	3,03	3,57
Семиреченская местная	1,81	3,70	4,76
Красноводопадская 8	1,63	3,33	5,26
Рамблер	1,38	2,85	4,34
Посев 2012 г.			
Уральская синяя	1,21	2,38	3,22
Карабалыкская 18	1,04	2,17	3,12
Семиреченская местная	1,28	2,56	3,70
Красноводопадская 8	1,29	3,03	4,54
Рамблер	1,02	2,22	3,70

Лишь к весне третьего года травостой всех сортов люцерны более или менее стабилизировался в количественном отношении и уже на единице площади имелось 20 и более растений независимо от сорта.

К весне четвертого года жизни 28 растений на 1 м² имел сорт люцерны Карабалыкская 18. У районированного сорта Уральская синяя сохранилось 24 продуктивных растения. Самый низкий показатель – у сорта Красноводопадская 8 (17 кустов на 1 м²). Повидимому, это предельно возможное количество растений на единице площади с учетом обеспеченности питательными элементами, солнечной радиацией и почвенной влагой данного региона.

Если же проанализировать и сравнить данные сохранившихся растений сортов люцерны к четвертому году жизни с их всходами, то увидим, что лучшие показатели сохранности (и, вероятно, приспособленности к местным условиям) – у сортов Карабалыкская 18 (15,2 %) и Уральская синяя (14,3 %). Несколько ниже показатели у канадского сорта Рамблер (13,1 %) и у Семиреченской местной (12,2 %). Доля сохранившихся растений у сорта Красноводопадская 8 составила 11,1 %.

На посеве 2012 г. также провели наблюдения за количеством растений по годам жизни. Весна 2012 г. в отличие от предыдущей была дождливой и теплой, что обеспечило получение дружных всходов всех сортов люцерны, по проценту всхожести они несколько превышали показатели 2011 г. В этих посевах также происходило выпадение растений как в летний засушливый период, так и после перезимовки. В отличие от посева 2011 г. сохранность растений всех сортов люцерны в посевах 2012 г. была более предпочтительной как по годам жизни, так и в окончательном итоге на 4-м году жизни. Так, более приспособленными оказались сорта Карабалыкская 18 и Рамблер, которые к весне 4-го года жизни имели 16,3 % и 14,5 % сохранившихся растений на 1 м² соответственно, то есть они на небольшую величину уступали районированному сорту Уральская синяя (16,8 % на 1 м²).

Table 2
Nutritional area of 1 alfalfa plant
by years of life, dm²

Alfalfa varieties	Years of life		
	1 st	2 nd	3 rd
Sowing 2011			
Ural'skaya sinyaya	1.53	2.27	4.00
Karabalykская 18	1.47	3.03	3.57
Semirechenskaya mestnaya	1.81	3.70	4.76
Krasnovodopadskaya 8	1.63	3.33	5.26
Rambler	1.38	2.85	4.34
Sowing 2012			
Ural'skaya sinyaya	1.21	2.38	3.22
Karabalykская 18	1.04	2.17	3.12
Semirechenskaya mestnaya	1.28	2.56	3.70
Krasnovodopadskaya 8	1.29	3.03	4.54
Rambler	1.02	2.22	3.70

Сорта люцерны Семиреченская местная и Красноводопадская 8, относящиеся к азиатскому подвиду, в обоих посевах имели низкую сохранность растений и в посеве 2012 г. (4-й год жизни), сохранность растений составила соответственно 13,4 % и 11,6 % на 1 м².

Зная количество растений на единице площади, посчитали площадь, занимаемую одним растением, по годам жизни (показатели осеннего количества растений).

Данные таблицы 2 указывают на приспособленность тех или иных сортов люцерны к почвенно-климатическим условиям. Так, если одному растению сортов Карабалыкская 18 и Уральская синяя достаточна площадь питания соответственно 3,57–3,12 и 4,00–3,22 дм² (данные 3-го года жизни), то южным азиатским сортам – Семиреченская местная и Красноводопадская 8 – необходима площадь питания в 4,76–3,70 и 5,26–4,54 дм² соответственно. Промежуточное положение между этими сортами занимает канадский сорт люцерны Рамблер, одно растение которого охватывает площадь, равную 4,34–3,70 дм².

Но основным показателем, по которому оценивается преимущество того или иного сорта, является урожайность, то есть ежегодно нарастающая надземная масса.

Уже в год посева (2011 г.) на травостое всех сортов люцерны нам удалось произвести один учет урожайности (таблица 3).

В дальнейшем на 2–5-м годах жизни провели по три укоса. Первый укос обычно проводили в период цветения люцерны, второй – в период достижения высоты травостоя 40–50 см, третий – в конце августа. Следует отметить, что не все сорта люцерны одновременно входили в ту или иную фазу развития. Обычно раньше вступали в фазу цветения сорта Уральская синяя, Карабалыкская 18 и Рамблер с разницей между в 2–3 суток. Сорта же Семиреченская местная и Красноводопадская 8 проходили фазы с некоторой задержкой, но, несмотря на это, учет урожайности во все сроки проводили в течение 1–2 дней.

Средняя урожайность сортов люцерны по двум годам посева, ц/га

Сорта	Годы жизни					Среднее	Прибавка	
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й		ц/га	%
Зеленая масса								
Уральская синяя	42,1	80,1	78,4	72,1	62,3	67,0	—	—
Карабалыкская 18	49,0	94,2	88,3	81,6	69,2	76,5	8,5	12,3
Семиреченская местная	42,5	85,3	81,6	72,2	61,3	68,6	1,6	2,3
Красноводопадская 8	39,6	78,1	71,1	62,6	58,9	62,1	−4,9	−7,3
Рамблер	45,0	86,5	88,0	77,1	64,3	72,2	5,2	7,5
НСР ₀₅	1,66	3,54	3,89	2,24	2,88			
Сено								
Уральская синяя	10,8	21,0	20,8	19,1	16,6	17,7	—	—
Карабалыкская 18	12,6	24,7	23,4	21,6	18,4	20,1	2,4	13,5
Семиреченская местная	10,0	22,4	21,7	19,1	16,3	17,9	0,2	1,1
Красноводопадская 8	10,2	20,5	18,8	16,8	15,7	16,4	−1,3	−7,3
Рамблер	11,6	22,7	23,3	20,4	17,1	19,0	1,3	7,3
НСР ₀₅	0,42	1,12	0,94	1,31	1,07			

Table 3

Average yield of alfalfa varieties for two years of sowing, c/ha

Varieties	Years of life					The average	Increase	
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th		c/ha	%
Green mass								
Ural'skaya sinyaya	42.1	80.1	78.4	72.1	62.3	67.0	—	—
Karabalykskaya 18	49.0	94.2	88.3	81.6	69.2	76.5	8.5	12.3
Semirechenskaya mestnaya	42.5	85.3	81.6	72.2	61.3	68.6	1.6	2.3
Krasnovodopadskaya 8	39.6	78.1	71.1	62.6	58.9	62.1	−4.9	−7.3
Rambler	45.0	86.5	88.0	77.1	64.3	72.2	5.2	7.5
LSD ₀₅	1.66	3.54	3.89	2.24	2.88			
Hay								
Ural'skaya sinyaya	10.8	21.0	20.8	19.1	16.6	17.7	—	—
Karabalykskaya 18	12.6	24.7	23.4	21.6	18.4	20.1	2.4	13.5
Semirechenskaya mestnaya	10.0	22.4	21.7	19.1	16.3	17.9	0.2	1.1
Krasnovodopadskaya 8	10.2	20.5	18.8	16.8	15.7	16.4	−1.3	−7.3
Rambler	11.6	22.7	23.3	20.4	17.1	19.0	1.3	7.3
LSD ₀₅	0.42	1.12	0.94	1.31	1.07			

Данные таблицы 3 показывают, что у всех изучаемых сортов люцерны самая высокая урожайность отмечена на втором году жизни. С третьего года жизни урожайность кормовой массы всех сортов люцерны снижается. На пятом году жизни высокую урожайность обеспечили сорта Карабалыкская 18 и Рамблер – соответственно 18,4 и 17,1 ц/га сена.

Если рассмотреть разницу по урожайности зеленой массы и сена всех испытываемых сортов люцерны в среднем за пять лет, то можно отметить, что за исключением сорта Красноводопадская 8 все превосходили люцерну Уральская синяя, районированную для Западно-Казахстанской области. Так, сорт Карабалыкская 18 превосшел контроль на 8,5 ц/га по зеленой массе, или на 2,4 ц/га по сено, что соответственно составляет 12,3 и 13,5 %. На 7,3 % превысил урожайность люцерны сорта Уральская синяя канадский сорт Рамблер. Вероятно, эти сорта необходимо взять за основу при выведении сорта люцерны для западного региона.

Как было ранее отмечено, травостой люцерны, кроме сена, может быть использован в виде пастбищного корма, для приготовления силоса, сенажа, сеной муки и других видов кормов. При использовании травостоя люцерны в пастбищных целях небезынтересно знать сроки поступления зеленого корма и их массу, с тем чтобы правильно рассчитать поголовье животных, которое будет обеспечено кормами в тот или иной пастбищный период.

Важно получить не только хороший урожай кормовой массы, но и равномерное распределение его в течение вегетационного периода [15, с. 33]. В производственных условиях иногда возникает необходимость использования травостоя люцерны в пастбищных целях как на корню, так и путем скашивания и скармливания массы в кормушках. Для этого необходимо располагать сведениями о массе урожая того или иного укоса. С этой целью в таблице 4 приводим процентное содержание урожая по укосам всех изучаемых сортов, в том числе и по годам жизни.

Таблица 4

Процентное выражение урожайности зеленой массы испытываемых сортов люцерны по укосам

Агротехнологии

Укос	Годы жизни				
	2-й	3-й	4-й	5-й	Среднее
Уральская синяя					
1	34,08	32,32	31,56	28,25	31,55
2	42,30	39,30	41,47	35,15	39,56
3	23,62	28,38	26,97	36,60	28,89
Карабалыкская 18					
1	30,29	29,26	31,94	31,50	30,75
2	37,11	40,36	39,04	34,97	37,87
3	32,60	30,38	29,02	33,53	31,38
Семиреченская местная					
1	32,45	32,72	35,50	30,67	32,84
2	38,82	40,34	40,53	37,52	39,30
3	28,73	26,94	23,96	31,81	27,86
Красноводопадская 8					
1	31,00	32,06	31,36	29,88	31,08
2	39,89	38,65	36,97	32,28	37,20
3	29,11	29,29	31,67	36,84	31,72
Рамблер					
1	25,77	31,82	35,28	30,95	30,95
2	42,80	42,30	35,68	41,06	41,06
3	31,44	25,88	29,04	27,99	27,99

Table 4

Percentage expression of green mass yield of tested alfalfa varieties by cutting

Mowing	Years of life				
	2 nd	3 rd	4 th	5 th	The average
Ural'skaya sinyaya					
1	34.08	32.32	31.56	28.25	31.55
2	42.30	39.30	41.47	35.15	39.56
3	23.62	28.38	26.97	36.60	28.89
Karabalykskaya 18					
1	30.29	29.26	31.94	31.50	30.75
2	37.11	40.36	39.04	34.97	37.87
3	32.60	30.38	29.02	33.53	31.38
Semirechenskaya mestnaya					
1	32.45	32.72	35.50	30.67	32.84
2	38.82	40.34	40.53	37.52	39.30
3	28.73	26.94	23.96	31.81	27.86
Krasnovodopadskaya 8					
1	31.00	32.06	31.36	29.88	31.08
2	39.89	38.65	36.97	32.28	37.20
3	29.11	29.29	31.67	36.84	31.72
Rambler					
1	25.77	31.82	35.28	30.95	30.95
2	42.80	42.30	35.68	41.06	41.06
3	31.44	25.88	29.04	27.99	27.99

Все без исключения сорта люцерны наибольшую массу корма обеспечивают во втором укосе – около 40 %. Это объясняется тем, что второй укос в основном использует выпадаемые атмосферные осадки

весной и летом. Поэтому в летний период на люцерновом пастбище можно содержать большее количество животных.

Кормоемкость люцерновых пастбищ по годам жизни, КРС / 10 га

Сорт	Годы пользования травостоем					Среднее
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	
Посев 2011 г.						
Уральская синяя	25	52	46	48	43	43
Карабалыкская 18	30	66	57	55	48	51
Семиреченская местная	27	58	49	47	42	45
Красноводопадская 8	24	52	45	44	41	41
Рамблер	29	61	55	51	45	48
Посев 2012 г.						
Уральская синяя	34	59	63	52		52
Карабалыкская 18	38	65	66	59		57
Семиреченская местная	32	61	64	53		53
Красноводопадская 8	31	57	54	43		46
Рамблер	33	59	67	56		54

Table 5

Feeding capacity of alfalfa pastures by years of life, cattle / 10 ha

Variety	Years of using the herbage					The average
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	
Sowing 2011						
Ural'skaya sinyaya	25	52	46	48	43	43
Karabalykskaya 18	30	66	57	55	48	51
Semirechenskaya mestnaya	27	58	49	47	42	45
Krasnovodopadskaya 8	24	52	45	44	41	41
Rambler	29	61	55	51	45	48
Sowing 2012						
Ural'skaya sinyaya	34	59	63	52		52
Karabalykskaya 18	38	65	66	59		57
Semirechenskaya mestnaya	32	61	64	53		53
Krasnovodopadskaya 8	31	57	54	43		46
Rambler	33	59	67	56		54

Как было отмечено ранее, травостой люцерны в кормовых целях используется различными способами. И наиболее доступным и дешевым из них является скормливание травостоя на корню путем выпаса животных или путем скашивания и скормливания животным массы в кормушках. Мы определили кормоемкость с 10 га, то есть на какое количество животных хватит корма с этой площади. Зная выход зеленой массы люцерны с 1 га по укосам, суточную потребность одной головы КРС в зеленом корме (48 кг) и считая, что каждый укос можно приравнять к стравливанию 10 суток (3 укоса – 30 суток), можно определить кормоемкость 10 га пастбища по формуле

$$E = \frac{Y \times Pl}{P \times D},$$

где E – емкость пастбища, голов;

Y – урожайность пастбища в кг;

Pl – площадь, га;

P – суточная потребность одной головы КРС в корме, кг;

D – число суток стравливания.

Уже в год посева на площади 10 га травостоя различных сортов люцерны можно прокормить в течение 30 суток от 24 до 30 голов (посев 2011 г.) и от 31 до 38 голов КРС (посев 2012 г.).

На втором году жизни в связи с увеличением урожайности представляется возможным повысить выпасемое поголовье КРС до 50 и более голов.

Данные таблицы 5 показывают, что во все годы исследований кормоемкость выше у сорта Карабалыкская 18 и самая низкая – у Красноводопадской 8. Сорт Уральская синяя, Семиреченская и Рамблер занимают промежуточное положение.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На основании изучения пяти сортов люцерны в условиях Западного Казахстана можно утверждать, что с целью создания сенокосно-пастбищных угодий посевом люцерны наряду с районированным сортом Уральская синяя вполне можно использовать сорта Карабалыкская 18 и Рамблер. Они по всем оцениваемым параметрам (в том числе по всхожести и сохранности растений, урожайности, а также по показателю кормоемкости) превышали все остальные сорта.

Библиографический список

1. Ледеяева Н. В. Сортоизучение сортов люцерны изменчивой в условиях среднегорной зоны Республики Алтай // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 12 (182). С. 44–50.
2. Тимошкин О. А., Семина С. А., Тимошкина О. Ю., Алексеев С. А. Формирование смешанных агрофитоценозов люцерны и костреца в первый год жизни // Нива Поволжья. 2020. № 2. С. 58–64.
3. Алабушев А. В., Игнатъев С. А., Грязева Т. В., Игнатъева Н. Г., Регидин А. А. Продуктивность сортов люцерны и эспарцета сенокосного назначения и качество произведенного из них корма // Земледелие. 2019. № 8. С. 30–32.
4. Казарина А. В., Абраменко И. С., Марунова Л. К. Оценка сортов люцерны изменчивой различного эколого-географического происхождения в условиях Самарского Заволжья // Кормопроизводство. 2021. № 2. С. 27–31.
5. Turan N., Celen A. E., Ozyazici M. A. Yield and quality characteristics of some Alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in the Eastern Turkey // Turkish Journal of Field Crops. 2017. No. 22 (2). Pp. 160–165.
6. Байкалова Л. П., Власова Т. С., Коваленко Е. В. Влияние нормы высева на семенную продуктивность люцерны гибридной в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2019. № 12. С. 23–31.
7. Бурцева Н. И. Агротехнические приемы возделывания люцерны на семена в условиях орошения в Нижнем Поволжье // Аграрный вестник Урала. 2020. № 10. С. 8–15.
8. Лазарев Н. Н., Пятинский Д. В. Продуктивное долголетие новых сортов люцерны (*Medicago sativa* L.) при интенсивном скашивании // Известия ТСХА. 2016. Вып. 5. С. 39–54.
9. Дюкова Н. Н., Логинов Ю. П., Шадрин Н. В. Обоснование параметров модели сортов люцерны для условий Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2013. № 9. С. 9–11.
10. Wang C., Ma B., Yan X., et al. Yields of alfalfa varieties with different fall-dormancy levels in a temperate environment // Agronomy Journal. 2009. Pp. 1146–1152.
11. McDonald I., Min D., Baral R. Effect of a fall cut on dry matter yield, nutritive value, and stand persistence of alfalfa // Journal of Animal Science and Technology. 2021. No. 63. Pp. 305–318.
12. Филиппова Н. И., Парсаев Е. И., Кобернищкая Т. М., Островский В. А., Рукавицина И. В., Дашкевич С. М., Утебаев М. Результаты и селекционные программы по многолетним травам Северного Казахстана // Кормопроизводство. 2020. № 7. С. 37–43.
13. Гущина В. А., Тимошкин О. А., Ильина Г. В., Володькина Г. Н. Сроки посева и фотосинтетическая деятельность агроценоза люцерны изменчивой первого года жизни // Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 22–28.
14. Волошин В. А. Оценка сортов люцерны изменчивой (*Medicago sativa* L.) в коллекционном питомнике // Пермский аграрный вестник. 2020. № 3 (31). С. 31–39.
15. Ломов М., Писковацкий Ю. Люцерны в конкурсном испытании // Кормопроизводство. 2020. № 4. С. 30–34.

Об авторах:

Акылбек Муратович Нургалиев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID 0000-0003-1237-8353; +7 747 812-87-55, akylbeknurgaliev@mail.ru

Рашид Шафхатович Джапаров¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель, ORCID 0000-0003-1945-5825; +7 776 722-75-84, dzhaparovr84@mail.ru

Гульбарам Кикбаевна Нургалиева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID 0000-0002-0085-4212; +7 775 408-67-35, gulbaram.nurgalieva.71@bk.ru

Эльмира Каршигиевна Аккереева¹, магистр естественных наук, старший преподаватель, ORCID 0000-0002-6442-9020; E_ma_87@mail.ru

¹ Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан

The yield and feed capacity of alfalfa varieties in the conditions of the West Kazakhstan region

A. M. Nurgaliev¹✉, R. Sh. Dzhaparov¹, G. K. Nurgalieva¹, E. K. Akkereeveva¹

¹ West Kazakhstan Agrarian-Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan

✉E-mail: akylbeknurgaliev@mail.ru

Abstract. The purpose of the research is to conduct the comparative assessment of variable alfalfa varieties and to identify the most productive and adapted varieties to the conditions of the region with a view to their further zoning. The results of research on the study of alfalfa varieties – Karabalykskaya 18, Rambler, Ural'skaya sinyaya, Semirech-

enskaya mestnaya, Krasnovodopadskaya 8 are presented in this article. Data of the seed germination and plant preservation by years of life, yield and forage capacity of crops are given. **Methods:** field and calculation (to determine the feed capacity). **Results.** In the 2011 crops, according to the field germination, the variety of Karabalykskaya 18 (45.8 %) and Semirechenskaya mestnaya (42.8 %) were distinguished. According to 4-year data, the highest percentage of preservation in the variety of Karabalykskaya 18 (14.2 %) and Ural'skaya sinyaya (13.9 %). And the smallest number of preserved plants was noted in the alfalfa variety of Krasnovodopadskaya 8, it is amounted to 10.4 %. The crops produced more mass shoots in next year, due to somewhat high rates of spring precipitation and air temperature. And in terms of the percentage of preservation, the 2012 crops surpassed the previous ones. Thus, in the variety of Karabalykskaya 18 and Rambler, this indicator was equal to 15.1 % and 13.7 %, and in the zoned variety Ural'skaya sinyaya, 15.7 % of the herbage was preserved. The data of green mass yield determination and hay shows that three of the four varieties evaluated were exceeded to the standard variety from 1.6 to 8.5 per 1 ha for the collection of green mass and from 0.2 to 2.4 c/ha for the hay harvest. In terms of feed capacity, the highest indicators are in the Karabalykskaya variety 18, and the lowest – in Krasnovodopadskaya 8. So, at the 5th year of life (sowing 2011), 48 cattles can be fed on 10 ha of crops of the first variety for a month, and the second – 41. On the grass stands of the zoned Ural'skaya sinyaya variety, the content of 43 cattles are permissible.

Keywords: alfalfa, variety, seed germination, plant safety, feeding area, herbage, green mass, yield, hay, feed capacity, cattle.

For citation: Nurgaliev A. M., Dzhaparov R. Sh., Nurgalieva G. K., Akkereeve E. K. Urozhaynost' i kormoemkost' sortov lyutserny v usloviyakh Zapadno-Kazakhstanskoy oblasti [The yield and feed capacity of alfalfa varieties in the conditions of the West Kazakhstan region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 19–28. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-19-28. (In Russian.)

Date of paper submission: 25.10.2021, **date of review:** 05.11.2021, **date of acceptance:** 15.11.2021.

References

1. Ledyayeva N. V. Sortoizuchenie sortov lyutserny izmenchivoy v usloviyakh srednegornoy zony Respubliki Altay [Variety study of varietal alfalfa varieties in the mid-mountain zone of the Altai Republic] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019. No. 12 (182). Pp. 44–50. (In Russian.)
2. Timoshkin O. A., Semina S. A., Timoshkina O. Yu., Alekseev S. A. Formirovanie smeshannykh agrofytotsenozov lyutserny i kostretsa v pervyy god zhizni [Formation of mixed agrophytocenoses of alfalfa and rump in the first year of life] // Volga Region Farmland. 2020. No. 2. Pp. 58–64. (In Russian.)
3. Alabushev A. V., Ignat'ev S. A., Gryazeva T. V., Ignat'eva N. G., Regidin A. A. Produktivnost' sortov lyutserny i espartseta senokosnogo naznacheniya i kachestvo proizvedennogo iz nikh korma [Productivity of alfalfa and sainfoin varieties for haymaking purposes and the quality of feed produced from them] // Zemledelie. 2019. No.8. Pp. 30–32. (In Russian.)
4. Kazarina A. V., Abramenko I. S., Marunova L. K. Otsenka sortov lyutserny izmenchivoy razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh Samarskogo Zavolzh'ya [Evaluation of Varieties of Variable Alfalfa of Various Ecological and Geographical Origin in the Samara Trans-Volga Region] // Kormoproizvodstvo. 2021. No.2. Pp. 27–31. (In Russian.)
5. Turan N., Celen A. E., Ozyazici M. A. Yield and quality characteristics of some Alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in the Eastern Turkey // Turkish Journal of Field Crops. 2017. No. 22 (2). Pp. 160–165.
6. Baykalova L. P., Vlasova T. S., Kovalenko E. V. Vliyanie normy vyseva na semennuyu produktivnost' lyutserny gibridnoy v usloviyakh Krasnoyarskoy lesostepi [The influence of the seeding rate on the seed productivity of hybrid alfalfa under the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe] // The Bulletin of KrasGAU. 2019. No. 12. Pp. 23–31. (In Russian.)
7. Burtseva N. I. Agrotekhnicheskie priemy vzdelyvaniya lyutserny na semena v usloviyakh orosheniya v Nizhnem Povolzh'e [Agrotechnical methods of cultivating alfalfa for seeds under irrigation conditions in the Lower Volga region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 10. Pp. 8–15. (In Russian.)
8. Lazarev N. N., Pyatinskiy D. V. Produktivnoe dolgoletie novykh sortov lyutserny (*Medicago sativa* L.) pri intensivnom skashivani [Productive longevity of new varieties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) with intensive mowing] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2016. No. 5. Pp. 39–54. (In Russian.)
9. Dyukova N. N., Loginov Yu. P., Shadrina N. V. Obosnovanie parametrov modeli sortov lyutserny dlya usloviy Severnogo Zaural'ya [Substantiation of the parameters of alfalfa varieties for the conditions of the Northern Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 9. Pp. 9–11. (In Russian.)
10. Wang C., Ma B., Yan X., et al. Yields of alfalfa varieties with different fall-dormancy levels in a temperate environment // Agronomy Journal. 2009. Pp. 1146–1152.
11. McDonald I., Min D., Baral R. Effect of a fall cut on dry matter yield, nutritive value, and stand persistence of alfalfa // Journal of Animal Science and Technology. 2021. No. 63. Pp. 305–318.

12. Filippova N. I., Parsaev E. I., Kobernitskaya T. M., Ostrovskiy V. A., Rukavitsina I. V., Dashkevich S. M., Utebaev M. Rezul'taty i selektsionnye programmy po mnogoletnim travam Severnogo Kazakhstana [Results and breeding programs for perennial grasses of Northern Kazakhstan] // Kormoproizvodstvo, 2020. No. 7. Pp. 37–43. (In Russian.)
13. Gushchina V. A., Timoshkin O. A., Il'ina G. V., Volod'kina G. N. Sroki poseva i fotosinteticheskaya deyatel'nost' agrotsenoza lyutserny izmenchivoy prevogo goda zhizni [Sowing dates and photosynthetic activity of agrocenosis of variable alfalfa in the first year of life] // Volga Region Farmland. 2020. No. 1. Pp. 22–28. (In Russian.)
14. Voloshin V. A. Otsenka sortov lyutserny izmenchivoy (*Medicago sativa* L.) v kollektionnom pitomnike [Evaluation of Varieties of Variable Alfalfa (*Medicago sativa* L.) in a collection nursery] // Perm Agrarian Journal. No. 3 (31) 2020. Pp. 31–39. (In Russian.)
15. Lomov M., Piskovatskiy Yu. Lyutserna v konkursnom ispytanii [Alfalfa in a competitive trial] // Kormoproizvodstvo. 2020. No. 4. Pp. 30–34. (In Russian.)

Authors' information:

Akylbek M. Nurgaliev¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, ORCID 0000-0003-1237-8353; +7 747 812-87-55, akylbeknurgaliev@mail.ru

Rashit Sh. Dzhaparov¹, candidate of agricultural sciences, senior lecturer, ORCID 0000-0003-1945-5825; +7 776 722-75-84, dzhaparovr84@mail.ru

Gulbaram K. Nurgalieva¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-0085-4212; +7 775 408-67-35, gulbaram.nurgalieva.71@bk.ru

Elmira K. Akkereeveva¹, master of natural sciences, senior lecturer, ORCID 0000-0002-6442-9020; E_ma_87@mail.ru

¹ West Kazakhstan Agrarian-Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan

Эффективность минерального адаптогена в условиях экспериментальной иммуносупрессии

М. Н. Дрозд¹✉

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: umn100@yandex.ru

Аннотация. Современные условия ведения животноводства и птицеводства диктуют непрерывный поиск эффективных средств, повышающих естественную резистентность организма сельскохозяйственных животных и птицы. В связи с этим было проведено экспериментальное исследование на лабораторных животных с применением минерального адаптогена отечественного производства с целью определения его эффективности в условиях искусственно индуцированной иммуносупрессии. Задачами исследования были определение иммунобиохимического статуса, субклеточных и внутриорганных изменений в органах иммунной системы всех уровней. **Методы.** Экспериментальные исследования проведены с использованием общепринятых зоотехнических, патоморфологических, гистологических, иммунобиохимических и статистических методов. **Результаты.** Описаны иммунобиохимические изменения в организме экспериментальных животных. Описаны микроскопические изменения на уровне тканей и клеток в органах иммунной системы всех уровней. Описаны изменения в органах иммунной системы при иммуносупрессии и на фоне скармливания минерального адаптогена. При морфологическом исследовании органов иммунной системы у опытных животных выявлены пролонгированные иммуносупрессорные изменения в течение 14 дней. При этом после индуцированной иммуносупрессии в центральных и периферических органах иммунной системы сохраняются существенные структурные изменения в виде атрофии лимфоидной ткани (тимус, селезенка, лимфатические узлы и внутриорганные лимфатические образования). При проведении гистологических исследований структура клеток и тканей при использовании минерального адаптогена была более морфологически зрелой и находилась в функционально активном состоянии, а в контрольной группе наблюдались дистрофические и некротические процессы. Проведенные исследования убедительно доказывают влияние минерального адаптогена на повышение естественной резистентности и его иммунопротективные свойства. **Научная новизна.** Впервые в экспериментальных условиях даны одновременная оценка иммунобиохимических показателей крови лабораторных животных и микроскопическое исследование органов иммунной системы всех уровней с морфометрическим анализом полученных данных. В результате проведенных исследований был доказан иммуно- и органопротективный эффекты от скармливания минерального адаптогена и морфометрически подтвержден иммуномодулирующий эффект.

Ключевые слова: адаптогены, морфометрия, гистология, органы иммунной системы, иммунология крови, биохимия крови, органы дыхания, иммунокомпетентная система.

Для цитирования: Дрозд М. Н. Эффективность минерального адаптогена в условиях экспериментальной иммуносупрессии // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-29-40.

Дата поступления статьи: 18.10.2021, **дата рецензирования:** 28.10.2021, **дата принятия:** 08.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В современных условиях, в которых человечество сталкивается с проблемами эффективной борьбы с новыми инфекционными агентами, как никогда актуальным становится вопрос усиления иммунной защиты. Средствами, повышающими естественную резистентность, могут выступать биологически активные вещества, витамины, минеральные добавки, лекарственные растения и энтеросорбенты [3], [8], [16]. Наиболее интересны в этом отношении природные средства, имеющие природную доступность и минимальную стоимость [4], [5], [14], [15], [16]. Кроме

того, такие средства местного производства представляют особый интерес [1], [2]. Группу средств, влияющих на восстановление и повышение естественной резистентности, относят к адаптогенам. Согласно современной классификации, такими препаратами являются растительные адаптогены (лекарственные растения, богатые биофлавоноидами и широким спектром витаминов); органические вещества, обладающие стимулирующими свойствами; группа минеральных веществ природного происхождения, содержащих комплекс макро- и микроэлементов; группа витаминов, обладающих антиоксидантными и вос-

становливающими свойствами в отношении функций нервной, иммунной и других систем организма [6], [7], [9], [10].

Среди всех групп адаптогенов наибольший интерес вызывают минеральные подкормки, получаемые из природных месторождений. К минеральным адаптогенам относят природные и искусственные цеолиты. При этом группа искусственных цеолитов имеет постоянный химический состав, обогащенный необходимыми микроэлементами, обладает свойствами энтеросорбентов и осуществляет поступление микро- и макроэлементов в организм животных и птицы на основе ионообменного механизма. [12], [13].

Природные цеолиты обладают свойствами энтеросорбентов, но их химический состав сильно варьирует в зависимости от глубины залегания пласта. При исследовании искусственных цеолитов обнаружили их позитивный эффект на восстановление обменных процессов в организме животных и птицы [16], а также на профилактику болезней костей и суставов.

Использование кормовых минеральных добавок как источника минеральных веществ, приготовленных из сырья отечественных природных месторождений, стало предметом настоящего исследования. Анализ химического состава кормовой минеральной добавки, являющейся искусственным цеолитом, позволил отнести ее к минеральным адаптогенам и провести дополнительные исследования по оценке ее влияния на состояние органов иммунной системы всех уровней.

В связи с вышеперечисленным целью исследования было определить эффективность минерального адаптогена в условиях экспериментальной иммуносупрессии на лабораторных животных.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определить иммунобиохимический статус крыс до и после скармливания минерального адаптогена;
- 2) определить микроскопические изменения в органах иммунной системы до и после скармливания минерального адаптогена;
- 3) определить микроскопические и морфометрические изменения в органах иммунной системы на фоне скармливания минерального адаптогена и без него при искусственно индуцированной иммуносупрессии;
- 4) определить микроскопические и морфометрические изменения в органах дыхания на фоне скармливания минерального адаптогена и без него при искусственно индуцированной иммуносупрессии.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в условиях лаборатории кафедры инфекционной и незаразной патологии Уральского государственного аграрного университета, в отделе ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией УрФАНИЦ УрО РАН, имеющего государственную аккредитацию на проведение исследований, гистологической лаборатории ЦНИЛ Уральского государственного медицинского

университета. Для исследования подбирали белых беспородных крыс трехмесячного возраста живой массой 250 г обоих полов поровну, по 15 голов в каждой группе (контрольной и опытной). Животных в группы подбирали по принципу аналогов. Все животные обеих групп получали одинаковый рацион водный режим, для кормления использовали специализированный комбикорм.

Контрольная группа – здоровые животные, которых не подвергали никаким воздействиям на протяжении 3 недель (интактные), опытная группа – животные получали минеральный адаптоген на протяжении всего периода исследования до и после искусственно индуцированной иммуносупрессии.

В обеих группах перед началом исследования было подвергнуто убою по 6 голов (по 3 самки и 3 самца) для определения исходного состояния и структуры иммунокомпетентных органов. Крысам опытной группы скармливали минеральный адаптоген (МА) – кормовую минеральную добавку БШ-ВИТ (содержит 32 минерала) производства ООО «Сорбент-К», Россия, в смеси с комбикормом Little One Rats производства международной корпорации Mealberry; крысам контрольной группы – только комбикорм и воду. В опытной группе минеральный адаптоген скармливали в дозе 0,3 г на 1 кг живой массы общим объемом 0,075 г на голову. Корм задавали 2 раза в сутки. Через 21 день от начала скармливания минерального адаптогена у животных обеих групп искусственно вызывали состояние иммуносупрессии по способу, предложенному И. Е. Валаминой с соавторами [16, с. 1196], с помощью однократного внутримышечного введения дексаметазона в дозе 0,5 мг и суспензии гидрокортизона ацетата 2,5 % в дозе 20 мг на 100,0 г живой массы.

Через 7 и 14 суток от момента искусственно индуцированной иммуносупрессии из каждой группы выводили из опыта по 6 крыс (поровну самок и самцов) и проводили отбор материала для гистологического исследования.

Для гистологического исследования отбирали кусочки тимуса, селезенки, легких и подкожные лимфоузлы. Все гистологические исследования (фиксацию, обезвоживание, заливку в парафин, приготовление гистологических срезов и окраску срезов) проводили по общепринятым методикам. Гистосрезы получали с помощью роторного микротомы HM-450 Microm. Окраску срезов производили гематоксилином и эозином. Изучение гистосрезов проводили с помощью светового микроскопа Olympus CX41 при увеличении $\times 100$, 200, 400, 1000. Микрофотосъемку осуществляли цифровой фотокамерой Levenhuk C130 NG для документирования общих изменений в сравниваемых группах.

Кровь у исследуемых животных всех групп брали до начала скармливания минерального адаптогена, затем через 2 дня после введения дексаметазона и гидрокортизона ацетата (искусственного воспроизведения иммуносупрессии). Для иммунофермент-

ного анализа использовали комплекс из планшетного иммуноферментного анализатора Thermo Scientific Multiskan GO (Япония); вошера Thermo Scientific Wellwssh (Япония) и шейкер-термостата Elmi ST-3L (Латвия). Биохимические исследования сыворотки крови проводили на автоматическом биохимическом и иммуноферментном анализаторе Chem Well-2910 Combi фирмы Awaveness Technology (США) в соответствии с методиками, рекомендованными Международной федерацией клинической химии IFCC, с

использованием готовых биохимических наборов реактивов фирм Vital Diagnostics Spb (Россия), DIALAB GmbH (Австрия), Human (Германия).

Результаты (Results)

При проведении исследований было установлено, что исходное иммунобиохимическое состояние у крыс исследуемых групп не имело достоверных различий и оно соответствовало параметрам здоровых животных (таблицы 1, 2).

Таблица 1
Содержание интерлейкинов у крыс

Группа	Интерлейкин-2, пкг/мл	Интерлейкин-4, пкг/мл	Индекс ИЛ-2/ИЛ-4
Контрольная (интактные до начала), $n = 6$	$48,0 \pm 35,37$	$15,3 \pm 1,5$	3,1
Контрольная (интактные после иммуносупрессии), $n = 6$	$243,0 \pm 10,5^{**}$	$6,5 \pm 0,1^{**}$	$37,4^{**}$
Опытная (МА постоянно до иммуносупрессии), $n = 6$	$76,6 \pm 14,1^{**}$	$7,0 \pm 0,4^{**}$	$10,9^{**}$
Опытная (МА постоянно после иммуносупрессии), $n = 6$	$92,0 \pm 11,5^{**}$	$7,5 \pm 0,1^{**}$	$12,3^{**}$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 1
The content of interleukins in rats

Group	Interleukin-2, pg/ml	Interleukin-4, pg/ml	Index IL-2/IL-4
Control (intact before the start), $n = 6$	48.0 ± 35.37	15.3 ± 1.5	3.1
Control (intact after immunosuppression), $n = 6$	$243.0 \pm 10.5^{**}$	$6.5 \pm 0.1^{**}$	37.4^{**}
Experimental (mineral adaptogen constantly before immunosuppression), $n = 6$	$76.6 \pm 14.1^{**}$	$7.0 \pm 0.4^{**}$	10.9^{**}
Experimental (mineral adaptogen permanently after immunosuppression), $n = 6$	$92.0 \pm 11.5^{**}$	$7.5 \pm 0.1^{**}$	12.3^{**}

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Таблица 2
Некоторые биохимические показатели сыворотки крови крыс

Показатели	Стандартный интервал	Фоновые значения (интактные животные), $n = 10$	Опытная группа (МА и иммуносупрессия), $n = 10$	%	Контрольная группа (иммуносупрессия), $n = 10$	%
Альбумины, г/л	30–43	$29,5 \pm 0,8$	$26,5 \pm 0,7$	10,2	$13,9 \pm 0,6^{**}$	52,9
Глобулины, г/л	39–55	$39,5 \pm 0,5$	$42,8 \pm 0,5$	8,4	$49,0 \pm 0,5^*$	24,1
А/Г индекс	0,55–1,1	$0,75 \pm 0,1$	$0,62 \pm 0,1$		$0,28 \pm 0,01$	
Общий белок, г/л	69–98	$69 \pm 0,7$	$69,3 \pm 0,7$	0,4	$62,9 \pm 0,9$	8,8
Кальций, ммоль/л	2,6–3,7	$8,7 \pm 0,5$	$8,5 \pm 0,4$	2,3	$7,1 \pm 0,3^*$	18,4
Фосфор, ммоль/л	5,8–8,2	$5,5 \pm 0,35$	$7,0 \pm 0,8^{**}$	27,3	$5,0 \pm 0,3$	9,1
Ca/P	0,5–0,6	1,6	$1,2^{**}$	25	1,4	12,5

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 2
Some biochemical parameters of rat blood serum

Indicators	Standard interval	Background values (intact animals), $n = 10$	Experimental group (mineral adaptogen and immunosuppression), $n = 10$	%	Control group (immunosuppression), $n = 10$	%
Albumins, g/l	30–43	29.5 ± 0.8	26.5 ± 0.7	10.2	$13.9 \pm 0.6^{**}$	52.9
Globulins, g/l	39–55	39.5 ± 0.5	42.8 ± 0.5	8.4	$49.0 \pm 0.5^*$	24.1
A/G index	0.55–1.1	0.75 ± 0.1	0.62 ± 0.1		0.28 ± 0.01	
Total protein, g/l	69–98	69 ± 0.7	69.3 ± 0.7	0.4	62.9 ± 0.9	8.8
Calcium, mmol/l	2.6–3.7	8.7 ± 0.5	8.5 ± 0.4	2.3	$7.1 \pm 0.3^*$	18.4
Phosphorus, mmol/l	5.8–8.2	5.5 ± 0.35	$7.0 \pm 0.8^{**}$	27.3	5.0 ± 0.3	9.1
Ca/P	0.5–0.6	1.6	1.2^{**}	25	1.4	12.5

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Оценку иммунитета у крыс контрольной и опытной групп проводили по определению уровня интерлейкинов 2 и 4, а также по их соотношению (индекс ИЛ-2/ИЛ-4) (таблица 1).

Введение препаратов вызвало изменение цитокинового профиля. Так, при индуцированной иммуносупрессии индекс ИЛ-2/ИЛ-4 в контрольной группе в 10 раз превышает фоновые значения, то есть в группе с индуцированной иммуносупрессией у интактных животных сохраняется цитокиновый дисбаланс. При аналогичной иммуносупрессии на фоне скармливания минерального адаптогена индекс ИЛ-2/ИЛ-4 превышает соотношение в интактном состоянии в 3 раза, то есть минеральный адаптоген нормализует этот дисбаланс, приближаясь к контрольным значениям, при искусственно индуцированной иммуносупрессии индекс ИЛ-2/ИЛ-4 превысил исходный уровень на 20 %, а в сравнении с интактными животными – в 4 раза. То есть минеральный адаптоген при индуцированной иммуносупрессии проявил себя как иммуномодулятор, стимулируя ИЛ-2 и снижая ИЛ-4.

Выявленные изменения в иммунологическом профиле у исследуемых групп животных подтверждают развитие иммуносупрессии.

По результатам исследования сыворотки крови крыс на биохимические показатели было выявлено,

что после скармливания минерального адаптогена и искусственно индуцированной иммуносупрессии снижаются показатели альбумина на 10,2 %. У крыс опытной группы после скармливания МА снизился показатель кальция на 2,3 %, повысилось содержание: глобулина на 8,4 %, общего белка – на 0,4 %, фосфора – на 27,3 %.

После иммуносупрессии у животных опытной группы отмечали повышение уровня глобулина на 8,9 %, общего белка – на 1,3 %, фосфора – на 40 % и снижение показателей: альбумина на 8,8 %, кальция – на 4,6 %.

В контрольной группе отмечали повышение уровня глобулина на 24,1 %, остальные показатели были снижены в сравнении с фоновыми значениями.

Из данных таблицы 2 видно, что на фоне иммуносупрессии у крыс контрольной группы уменьшались показатели уровней: альбумина на 52,9 %, общего белка – на 8,8 %, кальция – на 18,4 %, фосфора – на 9,1 %.

Минеральный адаптоген в условиях искусственно индуцированной иммуносупрессии оказал влияние на стимуляцию Т-клеточного звена иммунитета (на корковую зону тимуса, Т-зависимые центры в фолликулах селезенки и пролиферацию лимфоцитов в Т-зависимых периаартериальных зонах в виде «муфт»).

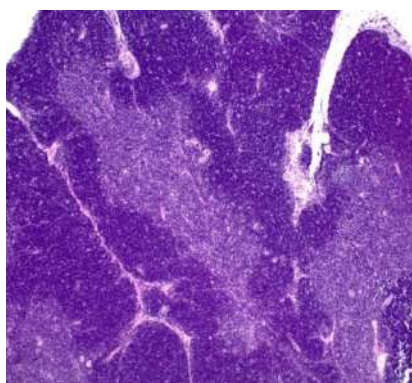


Рис. 1. Тимус. Контрольная группа: интактные крысы до иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

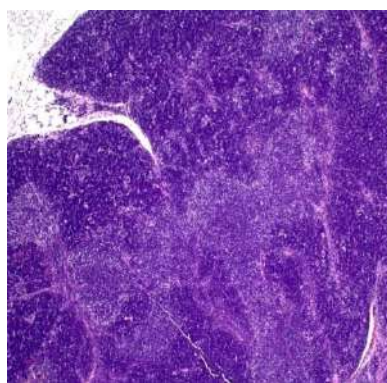


Рис. 2. Тимус. Контрольная группа: интактные крысы после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

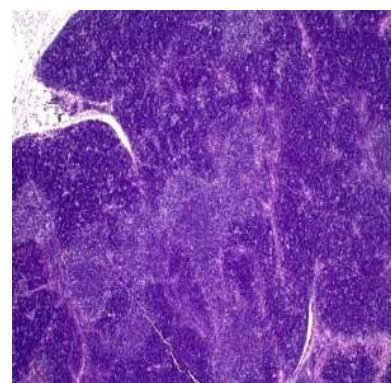


Рис. 3. Тимус. Опытная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

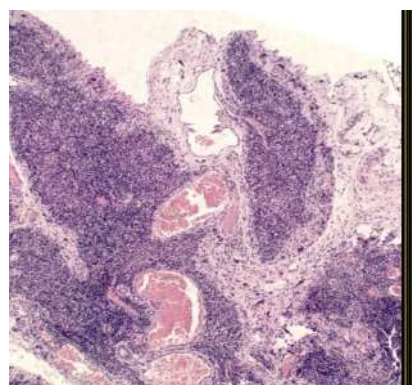


Fig. 1. Thymus. Control group: intact rats before immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

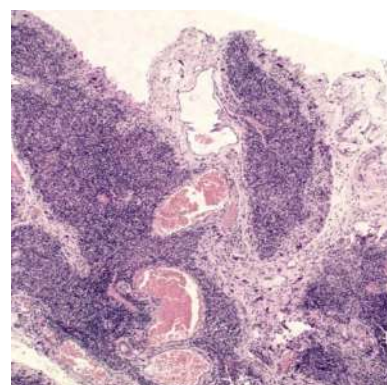


Fig. 2. Thymus. Control group: intact rats after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

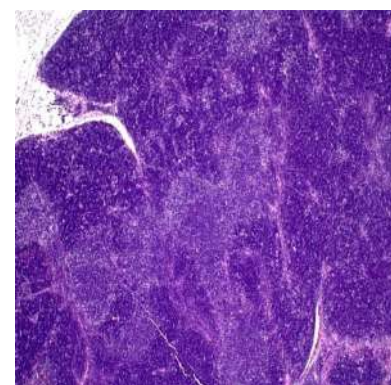


Fig. 3. Thymus. Experimental group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

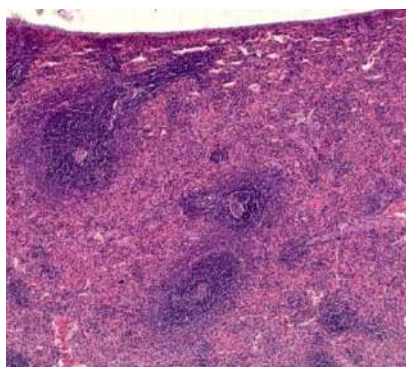


Рис. 4. Селезенка. Контрольная группа. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

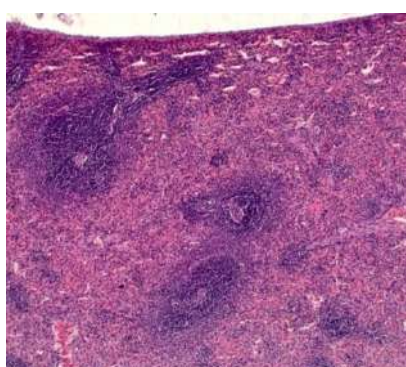


Рис. 5. Селезенка. Контрольная группа крыс после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

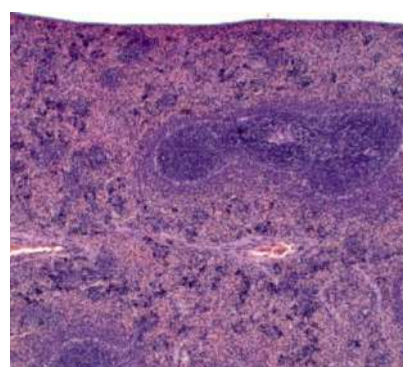


Рис. 6. Селезенка. Опытная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

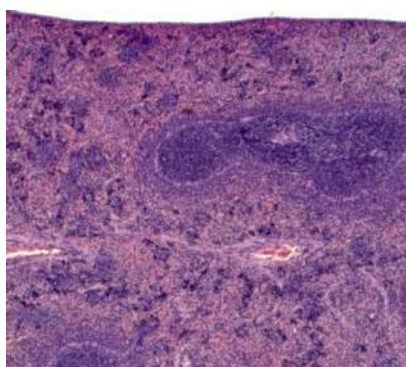


Fig. 4. Spleen. Control group. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

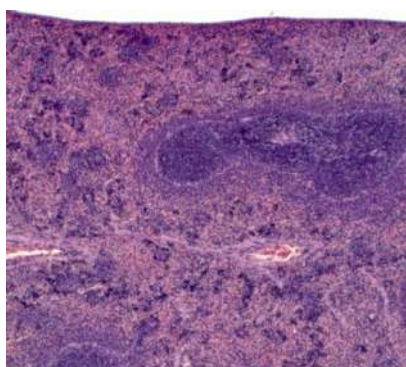


Fig. 5. Spleen. Control group of rats after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

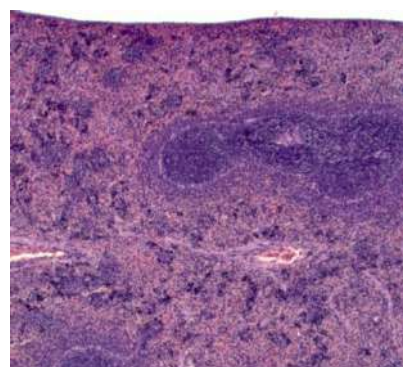


Fig. 6. Spleen. Experimental group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

При микроскопическом исследовании органов иммунной системы всех уровней были установлены следующие изменения: при анализе структурных изменений в центральном органе иммунной системы (тимусе) и периферических органах иммунной системы (селезенке и периферических лимфатических узлах) получены синхронные гистоизменения.

У крыс контрольной группы капсула тимуса не утолщена, в паренхиме тимуса просматриваются тонкие прослойки соединительной ткани, которые делят тимус на дольки. В дольках хорошо просматривается корковое и мозговое вещества. Корковая зона представлена лимфоидными клетками, на гистологических препаратах выглядит более темноокрашенной. Более светлое мозговое вещество представлено рыхло лежащими лимфоцитами, также среди мозгового вещества определяются эпителиальные тельца (тельца Гассалья). Очаги опустошения в тимусе отсутствуют (рис. 1).

В контрольной группе intactных крыс после индуцированной иммуносупрессии выявлена гипоплазия тимуса (рис. 2). В большом количестве присутствует жировая ткань, среди которой определяется ткань тимуса. Гистоархитектоника тимуса резко нарушена, имеются обширные участки опустошения лимфоидной ткани, строма оголена, соединительнотканые прослойки между дольками расширены, раз-

волокнены, содержат тучные клетки. Капсула тимуса утолщена.

В опытной группе крыс, получавших в корм минеральный адаптоген индуцированная иммуносупрессия не вызвала существенных морфологических изменений в тимусе (рис. 3).

В тимусе сохраняются дольчатое строение и дифференциация на корковое и мозговое вещества. Соединительнотканые перегородки между дольками тонкие. Очагов лимфоидного опустошения не выявлено. Среди лимфоидной ткани определяются тельца Гассалья.

У intactных крыс контрольной группы до иммуносупрессии строение селезенки соответствовало гистологической норме: белая пульпа представлена лимфатическими фолликулами (узелками) примерно одинаковых размеров с четкой зональностью, имеются небольшие периферические центры (вокруг центральных артерий), четкий, выраженный, темноокрашенный центр размножения, периферическая мантийная и краевая зоны. Красная пульпа представлена синусоидами, заполненными кровью (рис. 4).

У intactных крыс контрольной группы после индуцированной иммуносупрессии структура селезенки нарушена за счет атрофии белой пульпы. Лимфатические фолликулы редкие, небольших размеров, мантийная зона сужена. Красная пульпа расширена (рис. 5).

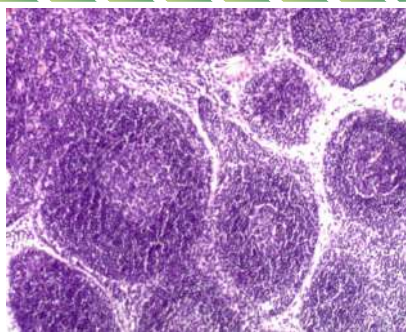


Рис 7. Лимфатический узел. Группа интактных животных до проведения иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

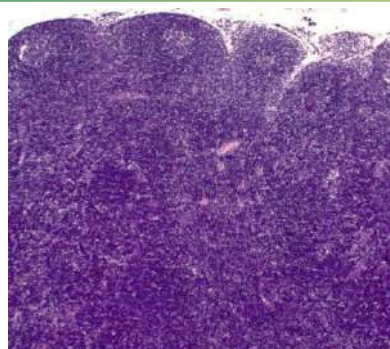


Рис 8. Лимфатический узел. Контрольная группа: интактные крысы после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

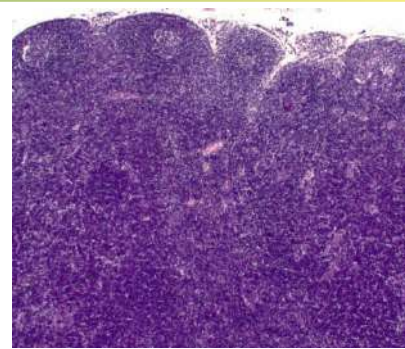


Рис 9. Лимфатический узел. Опытная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

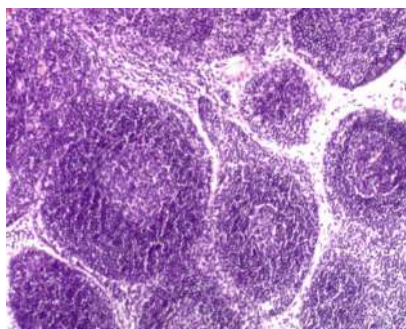


Fig. 7. The lymph node. A group of intact animals before immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

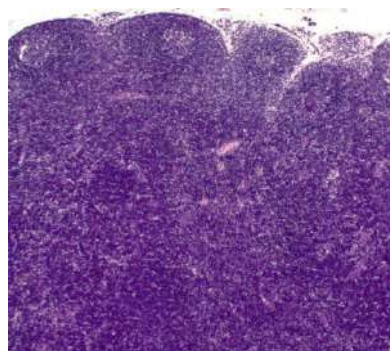


Fig. 8. The lymph node. The control group intact rats after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

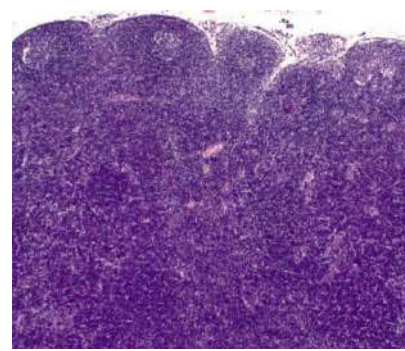


Fig. 9. The lymph node. The experimental group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

В опытной группе крыс, получавших в корм минеральный адаптоген, после индуцированной иммуносупрессии строение селезенки в целом сохранено (рис. 6), фолликулы белой пульпы крупные, центры фолликулов расширены, имеются множественные небольшие лимфоидные скопления вдоль периаортальных лимфатических влагалитов. Аналогичные изменения выявлены и в других периферических органах иммунной системы (лимфатические узлы).

В контрольной группе крыс (интактные животные) до иммуносупрессии фолликулы лимфатических узлов имели зональность, в некоторых заметны признаки фолликулярной гиперплазии (рис. 7).

В группе контрольных животных после индуцированной иммуносупрессии нарушена микроструктура лимфатических узлов, отсутствует деление на корковый и мозговой слои, заметны атрофия лимфоидных фолликулов, расширение паракортикальной зоны и участки опустошения (рис. 8).

В опытной группе крыс, получавших в корм минеральный адаптоген, после индуцированной иммуносупрессии в лимфатических узлах признаков атрофии лимфоидной ткани нет, в корковом веществе определяются множественные небольшие лимфатические фолликулы в стадии формирования центра размножения (II стадия) или с мелкими светлыми центрами, окруженные небольшой темной зоной (III стадия). Отмечено расширение паракортикальной зоны (рис. 9).

Для объективизации выявленных при световой микроскопии морфологических изменений в органах иммунной системы проведен морфометрический анализ по группам. Результаты представлены в таблицах 3–5. Как видно из таблицы 3, в группе животных с индуцированной иммуносупрессией через две недели в селезенке сохраняется угнетение белой пульпы.

Средний диаметр фолликулов белой пульпы (таблица 4) в контрольной группе после искусственно индуцированной иммуносупрессии значительно ниже (на 68 %), чем в контрольной группе интактных животных до иммуносупрессии, и на 55 % меньше, чем в опытной группе, постоянно получавшей минеральный адаптоген в корме.

В опытной группе животных с индуцированной иммуносупрессией и постоянно получавших с кормом минеральный адаптоген морфометрические показатели белой пульпы селезенки ближе к показателям (на 18 % выше) интактных животных контрольной группы (до иммуносупрессии). Следует отметить, что показатели размеров белой пульпы селезенки крыс из контрольной группы и животных из опытной группы, получавших с кормом минеральный адаптоген, показывают похожую степень развития органа (при скармливании минерального адаптогена этот показатель оказался выше только на 11 %).

Соотношение удельной доли белой и красной пульпы селезенки, %
(по сетке Автандилова при стократном увеличении)

Группа	Процент белой пульпы	Процент красной пульпы	Процент стромы, сосуды	Соотношение красной и белой пульпы
Контрольная (интактные до иммуносупрессии), $n = 6$	$35,8 \pm 12,6$	$64,5 \pm 12,4$	$0,7 \pm 0,1$	1,8
Контрольная (интактные после иммуносупрессии), $n = 6$	$16,9 \pm 7,5^{**}$	$70,7 \pm 15,9^{**}$	$10,0 \pm 4,5^{**}$	$4,1^{**}$
Опытная (после иммуносупрессии), минеральный адаптоген постоянно, $n = 6$	$33,0 \pm 9,1$	$66,0 \pm 8,5$	$2,8 \pm 2,3^{**}$	2,0

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 3

The ratio of the specific fraction of white and red pulp of the spleen, %
(according to the Avtandilov grid at a hundredfold increase)

Group	Percentage of white pulp	Percentage of red pulp	Percentage of stroma, vessels	Red/white pulp ratio
Control (intact before the start), $n = 6$	35.8 ± 12.6	64.5 ± 12.4	0.7 ± 0.1	1.8
Control (intact after immunosuppression), $n = 6$	$16.9 \pm 7.5^{**}$	$70.7 \pm 15.9^{**}$	$10.0 \pm 4.5^{**}$	4.1^{**}
Experimental (mineral adaptogen permanently, after immunosuppression), $n = 6$	33.0 ± 9.1	66.0 ± 8.5	$2.8 \pm 2.3^{**}$	2.0

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Таблица 4

Морфометрические показатели состояния белой пульпы селезенки
(средний диаметр фолликулов)

Группа	Диаметр фолликулов, мкм	Диаметр центра фолликулов, мкм
Контрольная (интактные до иммуносупрессии), $n = 6$	$413,7 \pm 135,1$	$234,0 \pm 76$
Контрольная (интактные после иммуносупрессии), $n = 6$	$186,3 \pm 70^{**}$	$134,5 \pm 50,9^{**}$
Опытная (минеральный адаптоген постоянно, после иммуносупрессии), $n = 6$	$488,6 \pm 104,3^{*}$	$329,5 \pm 104,3^{**}$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 4

Morphometric indicators of the condition of the white pulp of the spleen
(the average diameter of the follicles)

Group	Follicle diameter, microns	Diameter of the center of the follicles, microns
Control (intact before the start), $n = 6$	413.7 ± 135.1	234.0 ± 76
Control (intact after immunosuppression), $n = 6$	$186.3 \pm 70^{**}$	$134.5 \pm 50.9^{**}$
Experimental (mineral adaptogen permanently, after immunosuppression), $n = 6$	$488.6 \pm 104.3^{*}$	$329.5 \pm 104.3^{**}$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Введение в рацион опытными крысам минерально-адаптогена оказывает стимулирующий эффект на белую пульпу селезенки.

Из таблицы 5 видно, что в контрольной группе животных после иммуносупрессии толщина коркового вещества тимуса уменьшается на 47 % по сравнению с таковой у интактных животных до иммуносупрессии и на 49,5 % по сравнению с таковой у крыс опытной группы. Увеличиваются эпителиальные структуры более чем в 2 раза и зона сосудов более чем в 7–8 раз.

Таким образом, при морфологическом исследовании органов иммунной системы у опытных животных выявлено, что через 14 дней после индуцированной иммуносупрессии в центральных и периферических органах иммунной системы сохраняются существенные структурные изменения в виде атрофии лимфоидной ткани: в тимусе, селезенке, лимфатических узлах и внутриорганных лимфатических образованиях. При иммуносупрессии в тимусе происходит резкая атрофия лимфоидной ткани вплоть до акцидентальной атрофии; в селезенке – атрофия белой пульпы с

уменьшением среднего диаметра лимфоидных фолликулов, снижение удельной доли белой и увеличение удельной доли красной пульпы селезенки по сравнению с таковыми к интактных животных из контрольной группы до проведения иммуносупрессии; в лимфоузлах – гипоплазия.

У животных опытной группы, постоянно получавших в корм минеральный адаптоген, через две недели после индуцированной иммуносупрессии строение тимуса, селезенки и лимфатических узлов в целом сохранено, имеются признаки компенсаторной гиперплазии белой пульпы в селезенке в виде формирования множественных лимфоидных скоплений вдоль периартериальных лимфатических влагаллищ; в лимфатических узлах в виде появления в корковом веществе мелких лимфатических узелков во II–III стадии развития. Выявленные при световой микроскопии морфологические изменения в органах иммунной системы подтверждены данными морфометрического анализа.

Всякое нарушение микроклимата, изменение микробного фона или инфицирование воздуха различными патогенами приводит к развитию стресс-

реакции и проявлению воспалительной реакции в паренхиме легких и развитию вторичной пневмонии, бронхопневмонии и т. д.

При исследовании легких – органов, осуществляющих постоянный газообмен и находящихся в непосредственном контакте с внешней средой, – устанавливали состояние лимфоидных структур в перибронхиальных пространствах.

Анализ состояния лимфоидной ткани в легких (перибронхиальная лимфоидная ткань, ассоциированная с бронхо-легочной системой) показал, что изменения аналогичны по сравнению с микроструктурой в контрольной группе до искусственно индуцированной иммуносупрессии (рис. 10–12).

В группе контрольных животных до проведения иммуносупрессии ткань легкого не отличалась по микроструктуре от ткани здоровых животных. В легочной ткани хорошо развита перибронхиальная лимфоидная ткань (рис. 10). После иммуносупрессии в контрольной группе отмечали резкую атрофию перибронхиальной лимфоидной ткани в виде лимфоидного опустошения в перибронхиальных пространствах (рис. 11).

Таблица 5

Микроструктура тимуса, удельная доля коркового и мозгового вещества, % (по сетке Автандилова при стократном увеличении)

Группа	Корковое вещество	Мозговое вещество	Эпителиальные структуры	Строма	Сосуды
Контрольная (интактные до иммуносупрессии), $n = 6$	$82,3 \pm 5,5$	$14,1 \pm 5,1$	$2,0 \pm 1,9$	$1,0 \pm 1,6$	0
Контрольная (интактные после иммуносупрессии), $n = 6$	$38,7 \pm 8,4^{**}$	$14,3 \pm 6,3$	$6,2 \pm 5,2^{**}$	$32,0 \pm 13,2^{**}$	$8,8 \pm 6,0^{**}$
Опытная (минеральный адаптоген постоянно, после иммуносупрессии), $n = 6$	$78,2 \pm 8,0$	$14,8 \pm 6,1$	$2,8 \pm 2,0$	$3,5 \pm 2,7^{**}$	$0,5 \pm 1,5$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 5

The microstructure of the thymus, the specific proportion of cortical and cerebral matter, % (according to the Avtandilov grid at a hundredfold increase)

Group	Cortical substance	Brain matter	Epithelial structures	Stroma	Vessels
Control (intact before the start), $n = 6$	82.3 ± 5.5	14.1 ± 5.1	2.0 ± 1.9	1.0 ± 1.6	0
Control (intact after immunosuppression), $n = 6$	$38.7 \pm 8.4^{**}$	14.3 ± 6.3	$6.2 \pm 5.2^{**}$	$32.0 \pm 13.2^{**}$	$8.8 \pm 6.0^{**}$
Experimental (mineral adaptogen permanently, after immunosuppression), $n = 6$	78.2 ± 8.0	14.8 ± 6.1	2.8 ± 2.0	$3.5 \pm 2.7^{**}$	0.5 ± 1.5

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Таблица 6

Размер перибронхиальной лимфоидной ткани в легких, мкм^2 ($M \pm m$)

Группа	Контрольная (до иммуносупрессии), $n = 6$	Контрольная (после иммуносупрессии), $n = 6$	Опытная (после иммуносупрессии), $n = 6$
Площадь перибронхиальной лимфоидной ткани, мкм^2	$684611,0 \pm 120,0$	$20,0 \pm 5,0^{**}$	$458798,5 \pm 117,0^{**}$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 6

The size of peribronchial lymphoid tissue in the lungs, μm^2 ($M \pm m$)

Group	Control (before immunosuppression), $n = 6$	Control (after immunosuppression), $n = 6$	Experienced (after immunosuppression), $n = 6$
Area of peribronchial lymphoid tissue, mcm^2	684611.0 ± 120.0	$20.0 \pm 5.0^{**}$	$458798.5 \pm 117.0^{**}$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

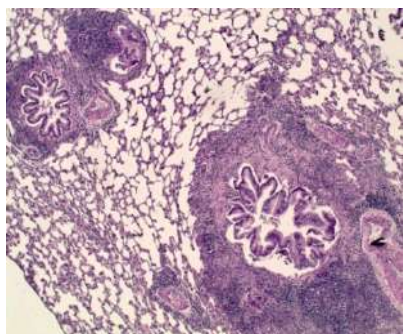


Рис.10. Легкие. Контрольная группа. Интактное животное. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

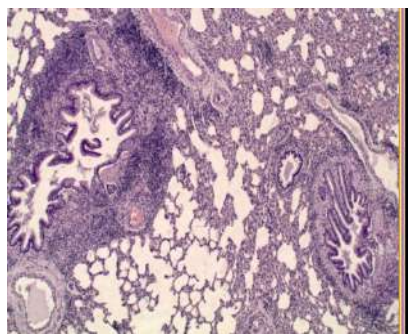


Рис. 11. Легкие. Контрольная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

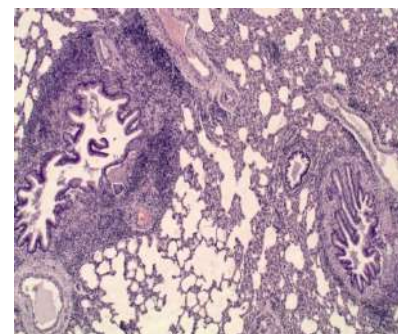


Рис. 12. Легкие. Опытная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

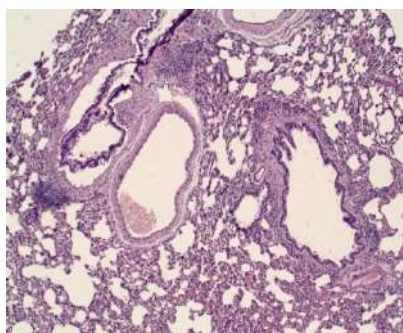


Fig. 10. Lungs. Control group. An intact animal. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

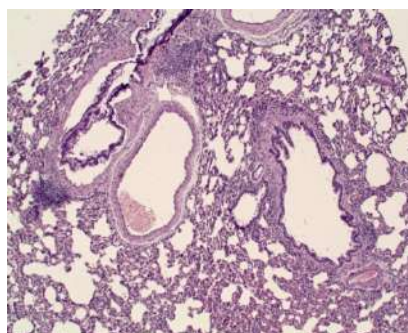


Fig. 11. Lungs. Control group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

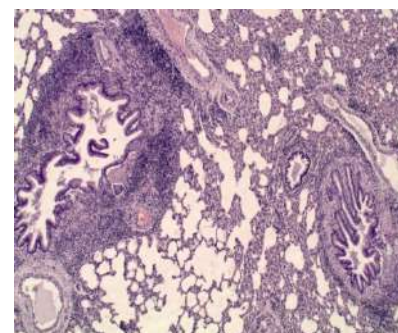


Fig. 12. Lungs. The experimental group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

В опытной группе с постоянным использованием в корме минерального адаптогена после иммуносупрессии отмечали, что локальная перибронхиальная иммунная система легких была представлена неравномерно выраженными перибронхиальными лимфоидными скоплениями (рис. 12).

Для объективизации выявленных при световой микроскопии морфологических изменений в органах иммунной системы в группах сравнения проведен морфометрический анализ. Результаты представлены в таблице 6.

Как видно из таблицы 6, в группе животных с индуцированной иммуносупрессией через 14 дней в легких сохраняется атрофия перибронхиальной лимфоидной ткани.

В группе животных, получавших в корм минеральный адаптоген, через 14 дней после индуцированной иммуносупрессии размер перибронхиальной лимфоидной ткани ниже, чем в контрольной группе до иммуносупрессии, но достоверно выше, чем у животных контрольной группы после индуцированной иммуносупрессии.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Одновременное введение в организм экспериментальных животных препаратов дексаметазона и гидрокортизона ацетата вызывает развитие иммуносупрессивного состояния, что подтверждается изменениями цитокинового индекса и биохимического статуса. При этом отмечены структурные изменения в микроморфологии органов иммунной системы экспериментальных животных. У крыс контрольной

группы через две недели после индуцированной иммуносупрессии в центральных и периферических органах иммунной системы сохраняются существенные структурные изменения в виде атрофии лимфоидной ткани в органах иммунной системы всех уровней.

При воспроизведении иммуносупрессивного состояния у интактных крыс контрольной группы в органах иммунной системы развиваются резкая атрофия лимфоидной ткани в тимусе, селезенке, гипоплазия в лимфоузлах и внутриорганных лимфатических образованиях (перибронхиальная лимфоидная ткань).

У животных, получавших в корм минеральный адаптоген, через две недели после индуцированной иммуносупрессии в органах иммунной системы всех уровней микроморфологически имеются все признаки компенсаторной гиперплазии, что подтверждено данными морфометрического анализа.

В результате анализа полученные данные исследований показали, что скормливание с кормом минерального адаптогена животным сопровождалось повышением неспецифической реактивности организма и улучшением адаптации иммунной системы к отрицательным воздействиям внешних иммуносупрессивных факторов.

В эксперименте на крысах изучено влияние минерального адаптогена, являющегося хорошо зарекомендовавшим себя источником микро- и макроэлементов, на состояние иммунной системы в условиях иммуносупрессии. Введение в корм минерального адаптогена сопровождалось увеличением в крови животных уровня альбуминов и глобулинов на фоне

увеличения общего количества белка, при этом их соотношение соответствовало фоновым значениям у интактных животных, что является показателем активизации иммунитета, в то время как у животных на фоне индуцированной иммуносупрессии достоверно снижается уровень альбуминов и повышается уровень глобулинов, что свидетельствует об угнетении иммунной системы и снижении иммунитета. Эти изменения в крови животных подтверждаются изменениями в микроструктуре органов иммунной системы.

Улучшение морфофункционального состояния центральных и периферических звеньев иммунной системы организма оказывает положительное влияние на иммунные реакции в организме животных в целом.

Установлено, что применение в корм минерального адаптогена имеет механизм положительного биологического воздействия на иммунную систему и требует дальнейшего изучения.

Проанализировав полученные результаты можно сделать следующие выводы:

1. Моделирование иммуносупрессии в эксперименте на крысах с однократным внутримышечным введением дексаметазона в дозе 0,5 мг и суспензии гидрокортизона ацетата 2,5 % в дозе 20 мг на 100,0 г

живой массы тела крысы оказало пролонгированное иммуносупрессивное действие на центральные (тимус) и периферические (селезенка) органы иммунной системы, а также локальные внутриорганные лимфоидные образования в которых отмечены выраженные морфологические изменения, сохранявшиеся на протяжении 14 дней исследования.

2. Использование минерального адаптогена как профилактического средства при индуцированной иммуносупрессии сопровождалось улучшением иммунобиохимических показателей.

3. В эксперименте на крысах доказано, что при индуцированной иммуносупрессии на фоне скормливания минерального адаптогена он обладает иммуно- и органопротективным действием.

4. Скармливание минерального адаптогена при индуцированной иммуносупрессии сопровождается активизацией регенеративных процессов в иммунокомпетентных органах всех уровней (тимусе, селезенке, лимфатических узлах и внутриорганных лимфатических образованиях), что сопровождается поддержанием баланса цитокинов (ИК-2 и ИЛ-4), то есть на фоне иммуносупрессии оказывает выраженный иммуномодулирующий эффект.

Библиографический список

1. Loretts O. G., Donnik I. M., Bykova O. A., Neverova O. P., Gumenyuk O. A., Shakirova S. S., Meshcheriakova G. V. Nonspecific resistance of broilers on the background of application of a herbal complex of biologically active compounds under the conditions of industrial technology // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 1679–1687.
2. Беспмятных Е. Н., Кривоногова А. С., Донник И. М., Исаева А. Г. Подходы к коррекции иммунобиологического профиля животных // *Ветеринария Кубани*. 2018. № 5. С. 10–13.
3. Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I., Sadovnikov N. V., Shusharin A. D., Elesin A. V., Semenova N. N. Reviewing the influence of copper, lead and zinc accumulation on the morphofunctional liver and kidney state in broiler chickens under experimental toxicosis // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 859–873.
4. Донник И. М., Неверова О. П., Горелик О. В. Качество молозива и сохранность телят в условиях использования природных энтеросорбентов // *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 7 (149). С. 4–8.
5. Бодрова О. С., Донник И. М. Применение иммуномодулирующих препаратов к сухим и сухостойным коровам с тяжелым иммунодефицитом // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2016. № 2. С. 48–59.
6. Шацких Е. В., Латыпова Е. Н., Несват Е. Г., Кобурнеев И. В. Использование антистрессовых препаратов в яичном птицеводстве: монография. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2016. 202 с.
7. Cecchini S., Rossetti M., Caputo A., Bavoso A. Effect of dietary inclusion of a commercial polyherbal Formulation on some physiological and immune parameters in healthy and stressed hens [e-resource] // *Czech Journal of Animal Science*. 2019. No. 64. Pp. 448–458. URL: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjas.htm?type=article&id=189_2019-CJAS (date of reference: 12.12.2020). DOI: 10.17221/189/2019-CJAS.
8. Cecchini S., Rossetti M., Di Tomaso F., Caputo A. R. Evaluation of the effects of dexamethasone induced stress on levels of natural antibodies in immunized laying hens // *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2016. Vol. 177. Pp. 35–41.
9. Dhama K., Latheef S. K., Mani S., Samad H. A., Karthik K., Tiwari R., Khan R., Alagawany M., Farag M. R., Alam G. M., Laudadio V., Tufarelli V. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production – A review // *International Journal of Pharmacology*. 2015. No. 11. Pp. 152–176.
10. Mamta J. K. K. Protective effects of *Tinospora condifolia* on clinical manifestations of experimental colibacillosis in broiler chicken // *Haryana Veterinarian*. 2016. Vol. 55. Pp. 145–148.
11. Mirfendereski E., Jahanian R. Effects of dietary organic chromium responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density // *Poultry Science*. 2015. Vol. 94. Pp. 281–288.
12. Дрозд М. Н., Усевич В. М. Морфологическая оценка эффективности кормовой минеральной добавки в профилактике болезней органов пищеварения в период активного роста у цыплят-бройлеров // *Разработка отечественных ветеринарных препаратов и способов профилактики и лечения заболеваний сельскохозяйствен-*

ных животных и птиц: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК». Екатеринбург, 2018. С. 116–121.

13. Галиев Д. М., Шацких Е. В. Влияние кормовой добавки БШ на мясную продуктивность цыплят-бройлеров // Производство племенной продукции (материала) по направлениям отечественного племенного животноводства на основе ускоренной селекции: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК». Екатеринбург, 2018. С. 33–37.

14. Кундрюкова У. И., Дроздова Л. И. Ветеринарно-санитарная и морфологическая оценка мускулатуры бедренной и грудной групп мышц цыплят-бройлеров с низшей категорией упитанности // Научная жизнь. 2018. № 12. С. 222–231.

15. Шацких Е. В., Галиев Д. М. Минеральный сорбент в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2018. № 11–12. С. 45–49.

16. Царегородцева А. Е., Валамина И. Е., Усевич В. М. Морфо-функциональные характеристики иммунной системы при индуцированной иммуносупрессии в эксперименте // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: сборник статей IV Международной (74 Всероссийской) научно-практической конференции. Екатеринбург, 2019. С. 1192–1196.

Об авторе:

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

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

The effectiveness of mineral adaptogen in experimental immunosuppression

M. N. Drozd¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: umn100@yandex.ru

Abstract. Modern conditions of animal husbandry and poultry farming dictate a continuous search for effective means that increase the natural resistance of the organism of farm animals and poultry. **The purpose of the study.** In this regard, an experimental study was conducted on laboratory animals using a mineral adaptogen of domestic production in order to determine its effectiveness in conditions of artificially induced immunosuppression. The objectives of the study were to determine the immunobiochemical status, subcellular and intra-organ changes in the organs of the immune system at all levels. **Research methods.** Experimental studies were carried out using generally accepted zootechnical, pathomorphological, histological, immunobiochemical and statistical research methods. **Results.** Immunobiochemical changes in the body of experimental animals are described. Microscopic changes at the level of tissues and cells in the organs of the immune system at all levels are described. Changes in the organs of the immune system during immunosuppression and against the background of feeding mineral adaptogen are described. Morphological examination of the immune system organs in experimental animals revealed prolonged immunosuppressive changes for 14 days. At the same time, after induced immunosuppression, significant structural changes remain in the central and peripheral organs of the immune system in the form of lymphoid tissue atrophy (in the thymus, both in the organ of central immunogenesis and in the organs of the peripheral immune system – the spleen and lymph nodes and intra-organ lymph formations). During histological studies, the structure of cells and tissues, when using a mineral adaptogen, was more morphologically mature and was in a functionally active state, and dystrophic and necrotic processes were observed in the control group. The conducted studies convincingly prove the effect of mineral adaptogen on increasing natural resistance and its immunoprotective properties. **Scientific novelty.** For the first time in experimental conditions, a simultaneous assessment of the immunobiochemical parameters of the blood of laboratory animals and a microscopic examination of the organs of the immune system at all levels with morphometric analysis of the data obtained were given. As a result of the conducted studies, the immunoprotective and organoprotective effect of feeding the mineral adaptogen was proved and the immunomodulatory effect was morphometrically confirmed.

Keywords: adaptogens, morphometry, histology, immune system organs, blood immunology, blood biochemistry, respiratory organs, immunocompetent system.

For citation: Drozd M. N. Effektivnost' mineral'nogo adaptogena v usloviyakh eksperimental'noy immunosupressii [The effectiveness of mineral adaptogen in experimental immunosuppression] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-29-40. (In Russian.)

Date of paper submission: 18.10.2021, **date of review:** 28.10.2021, **date of acceptance:** 08.11.2021.

References

1. Loretts O. G., Donnik I. M., Bykova O. A., Neverova O. P., Gumenyuk O. A., Shakirova S. S., Meshcheriakova G. V. Nonspecific resistance of broilers on the background of application of a herbal complex of biologically active compounds under the conditions of industrial technology // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 1679–1687.
2. Bespamyatnykh E. N., Krivonogova A. S., Donnik I. M., Isaeva A. G. Podkhody k korrektsii immunobiologicheskogo profilya zhivotnykh [Approaches to correction of the immunobiological profile of animals] // *Veterinariya Kubani*. 2018. No. 5. Pp. 10–13. (In Russian.)
3. Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I., Sadovnikov N. V., Shusharin A. D., Elesin A. V., Semenova N. N. Reviewing the influence of copper, lead and zinc accumulation on the morphofunctional liver and kidney state in broiler chickens under experimental toxicosis // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 859–873.
4. Donnik I. M., Neverova O. P., Gorelik O. V. Kachestvo moloziva i sokhrannost' telyat v usloviyakh ispol'zovaniya prirodnykh enterosorbentov [The quality of colostrum and the safety of calves under the conditions of using natural enterosorbents] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016. No. 7 (149). Pp. 4–8. (In Russian.)
5. Bodrova O. S., Donnik I. M. Primenenie immunomoduliruyushchikh preparatov k sukhim i sukhostoinym korovam s tyazhelym immunodefitsitom [Application of immunomodulatory drugs to dry and dry-resistant cows with severe immunodeficiency] // *Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*. 2016. No. 2. Pp. 48–59. (In Russian.)
6. Shatskikh E. V., Latypova E. N., Nesvat E. G., Koburneev I. V. Ispol'zovanie antistressovykh preparatov v yaichnom pitsevodstve: monografiya [The use of anti-stress drugs in egg poultry farming: monograph]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo GAU, 2016. 202 p. (In Russian.)
7. Cecchini S., Rossetti M., Caputo A., Bavoso A. Effect of dietary inclusion of a commercial polyherbal Formulation on some physiological and immune parameters in healthy and stressed hens [e-resource] // *Czech Journal of Animal Science*. 2019. No. 64. Pp. 448–458. URL: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjas.htm?type=article&id=189_2019-CJAS (date of reference: 12.12.2020). DOI: 10.17221/189/2019-CJAS.
8. Cecchini S., Rossetti M., Di Tomaso F., Caputo A. R. Evaluation of the effects of dexamethasone induced stress on levels of natural antibodies in immunized laying hens // *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2016. Vol. 177. Pp. 35–41.
9. Dhama K., Latheef S. K., Mani S., Samad H. A., Karthik K., Tiwari R., Khan R., Alagawany M., Farag M. R., Alam G. M., Laudadio V., Tufarelli V. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production – A review // *International Journal of Pharmacology*. 2015. No. 11. Pp. 152–176.
10. Mamta J. K. K. Protective effects of *Tinospora condifolia* on clinical manifestations of experimental colibacillosis in broiler chicken // *Haryana Veterinarian*. 2016. Vol. 55. Pp. 145–148.
11. Mirfendereski E., Jahanian R. Effects of dietary organic chromium responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density // *Poultry Science*. 2015. Vol. 94. Pp. 281–288.
12. Drozd M. N., Usevich V. M. Morfologicheskaya otsenka effektivnosti kormovoy mineral'noy dobavki v profilaktike bolezney organov pishchevareniya v period aktivnogo rosta u tsyplyat-broylerov [Morphological evaluation of the effectiveness of feed mineral supplements in the prevention of diseases of the digestive system during active growth in broiler chickens] // *Razrabotka otechestvennykh veterinarnykh preparatov i sposobov profilaktiki i lecheniya zabolevaniy sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptits: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchno-tekhnologicheskomu razvitiyu APK"*. Ekaterinburg, 2018. Pp. 116–121. (In Russian.)
13. Galiev D. M., Shatskikh E. V. Vliyanie kormovoy dobavki BSh na myasnuyu produktivnost' tsyplyat-broylerov [The effect of the feed additive BS on the meat productivity of broiler chickens] // *Proizvodstvo plemennoy produktsii (materiala) po napravleniyam otechestvennogo plemennogo zhivotnovodstva na osnove uskorennoy selektsii: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchno-tekhnologicheskomu razvitiyu APK"*. Ekaterinburg, 2018. Pp. 33–37. (In Russian.)
14. Kundryukova U. I., Drozdova L. I. Veterinarno-sanitarnaya i morfologicheskaya otsenka muskulatury bedrennoy i grudnoy grupp myshts tsyplyat-broylerov s nizshey kategoriei upitannosti [Veterinary-sanitary and morphological assessment of the muscles of the femoral and pectoral muscle groups of broiler chickens with the lowest category of fatness] // *Nauchnaya zhizn'*. 2018. No. 12. Pp. 222–231. (In Russian.)
15. Shatskikh E. V., Galiev D. M. Mineral'nyy sorbent v kombikormakh dlya tsyplyat-broylerov [Mineral sorbent in mixed feeds for broiler chickens] // *Ptitsevodstvo*. 2018. No. 11–12. Pp. 45–49. (In Russian.)
16. Tsaregorodtseva A. E., Valamina I. E., Usevich V. M. Morfo-funktsional'nye kharakteristiki immunnoy sistemy pri indutsirovannoy immunosupressii v eksperimente // *Aktual'nye voprosy sovremennoy meditsinskoy nauki i zdoravookhraneniya: sbornik statey IV Mezhdunarodnoy (74 Vserossiyskoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ekaterinburg, 2019. Pp. 1192–1196. (In Russian.)

Authors' information:

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

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Формирование белка и пищевые достоинства перспективных линий гороха в лесостепи Среднего Поволжья

А. И. Катюк¹✉

¹Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, Самара, Россия

✉E-mail: kai.bez@yandex.ru

Аннотация. Опыты проведены в Самарском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН в 2018–2020 гг. **Цель исследований** – оценка перспективных линий гороха по пищевым качествам семян для создания новых сортов для условий Среднего Поволжья. **Методология и методы исследования.** Материалом для исследования служило 6 перспективных линий гороха питомника КСИ. Пищевые достоинства линий оценивали по признакам: содержание белка в семенах и его состав, время варки семян, коэффициент разваримости семян, вкус вареных семян. Для роста и развития гороха метеоусловия 2018 и 2019 гг. были засушливыми, а 2020 г. – умеренными. **Результаты.** Уровень содержания белка в семенах линий определялся внешними факторами среды, особенно погодными условиями в фазу налива бобов. Больше белка накапливалось в семенах, если в налив бобов наблюдалась засушливость. Отмечена положительная корреляция белковости семян и среднесуточной температуры воздуха в налив бобов ($r = 0,944$) и отрицательная корреляция с осадками за аналогичную фазу культуры ($r = 0,986$). В среднем за годы наблюдений линии не уступали по белку стандарту Самариус, но соответствовали стандартному значению сортов ценных по качеству (не ниже 24,0 %). На уровне со стандартом по белковости семян (25,6 %) были линии: Б3737/2-2 (25,2 %), Кт6575 (25,8 %) Кт6358 (24,9 %). Эти линии характеризовались большим количеством по сравнению со стандартом водорастворимой фракцией белка: Кт6575 (16,9 %), Кт6358 (16,6 %), Б3737/2-2 (16,9 %). Высокие кулинарные качества показали линии Б3737/2-2 и Кт6575 (время варки семян – 110–122 мин., коэффициент разваримости – 2,5–2,6 ед.). Вкус вареных семян у всех линий был хорошим на уровне 4–5 баллов. **Научная новизна.** За высокие пищевые достоинства линии Б3737/2-2, Кт6575, Кт6358 предполагается использовать как источники новых сортов.

Ключевые слова: горох (*Pisum sativum* L.), сорт, качество, разваримость, белок, вкус, аминокислоты.

Для цитирования: Катюк А.И. Формирование белка и пищевые достоинства перспективных линий гороха в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 41–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-41-49.

Дата поступления статьи: 29.09.21, **дата рецензирования:** 19.10.21, **дата принятия:** 04.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Для полноценной жизнедеятельности человеку нужны белки, которые он может получить как из животной, так и из растительной пищи. Наибольшим источником растительного белка являются зернобобовые культуры. Особое место среди них в России занимает горох, так как является традиционной пищевой культурой. Его используют в вареном виде в супах и кашах, а также в консервированном виде.

На Руси горох появился примерно в VI веке до нашей эры. Документальное подтверждение его выращивания датируется 1674 г. В XVIII веке его выращивали по всей территории Руси в больших количествах на полях, а также на небольших огородах [1].

В последнее время в пищевой промышленности развитых стран мира увеличился спрос на продовольственный горох. Популярность горохового белка вызвана его хорошей усвояемостью организмом, низкой

гипоаллергенностью, статусом не ГМО, незагрязненностью производства [2, с. 31], [3, с. 187], [4]. Горох является источником безопасного для здоровья человека пищевого белка, который идеально подходит для устойчивого производства продуктов питания. Поэтому он пользуется спросом у потребителей, ведущих вегетарианский образ жизни и ищущих экологически чистый продукт [2], [3, с. 187].

Вместе с тем в хозяйственном использовании очень мало ценных пищевых сортов гороха. В Государственном реестре селекционных достижений допущенных к использованию на 2021 г. сортов гороха посевного ценных по качеству 29 % (48 из 168 сортов). За последние четыре года из 38 вновь включенных в реестр всего 10 ценных по качеству сортов (26 %). Это связано с тем, что при создании новых сортов гороха большее внимание уделяется селекции на высокую урожайность зерна, технологичность,

устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды [5, с. 31], [6, с. 31]. Селекции на качество при этом уделяется меньше внимания, поскольку это очень сложная, длительная работа.

Сложности заключаются в том, что пищевые признаки гороха (содержание белка в семенах, разваримость) сильно подвержены условиям среды и зачастую отрицательно коррелируют с урожайностью зерна [7, с. 22], [8, с. 61], [9, с. 36].

Разорвать обратную зависимость урожайности от качества зерна – одна из задач в селекции гороха. Исследования в этом направлении позволили установить локусы количественных признаков, в которых идентифицированы гены высокой семенной продуктивности и качества семян. [10, с. 1], [11, с. 2], [12, с. 353].

В связи с востребованностью гороха на мировом рынке как экологически чистого продукта питания и полноценного источника белка, сбалансированного по аминокислотному составу, актуальным является создание ценных сортов продовольственного назначения.

Цель настоящего исследования – оценить перспективные линии гороха зернового питомника КСИ по пищевым качествам семян и выявить лучшие для создания новых сортов для условий Среднего Поволжья.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в Самарском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН в 2018–2020 гг. Исходным материалом служили 6 перспективных линий зернового гороха из питомника КСИ. Из 6 линий 4 (Б3583/11, Б3729/12, Б3737/2-2, Б3736/2-1) принадлежат Самарскому НИИСХ, а 2 линии (Кт6358, Кт6575) – Татарскому НИИСХ (ФИЦ КазНЦ РАН). Линии, полученные от Татарского НИИСХ, изучались в рамках совместной селекционной программы по созданию сортов гороха с широкой экологической адаптацией к условиям Средневолжского региона. Все линии – усатого с укороченным стеблем морфотипа. Характеризуются высокой пригодностью к механизированной уборке.

Пищевые достоинства линий оценивали по признакам: содержание белка в семенах, содержание водорастворимой фракции белка, аминокислотный состав семян, разваримость семян, вкус вареных семян.

Стандартом был сорт Самариус. Этот сорт принят за стандарт госкомиссией по сортоиспытанию в Самарской области. Самариус характеризуется стабильным накоплением белка в семенах на уровне 25–27 %, хорошими пищевыми и технологическими качествами при переработке зерна на крупу.

Содержание белка в семенах определяли по методу Кьельдаля (ГОСТ 10846-91). Белковые фракции зерна экстрагировали обессоленной водой, 10-процентным раствором хлористого калия, 70-процентным раствором этанола и 0,2-процентным раствором гидроксида натрия. Кулинарная оценка семян проводилась с определением коэффициента разваримости,

времени варки и вкуса семян, согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, технологическая оценка зерновых культур и зернобобовых культур. Аминокислотный состав семян определяли на аминокислотном анализаторе NIR4250. Питательную ценность белков рассчитывали по химическому скору с использованием шкалы ФАО/ВОЗ.

Исследование биохимических показателей и пищевых достоинств семян линий проводили в лаборатории технолого-аналитического сервиса Самарского НИИСХ. Аминокислотный состав семян определяли в Самарском ГАУ в 2020 г.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа на компьютере с использованием пакета статистических программ AGROS.

Метеорологические условия для роста и развития гороха за годы испытания линий различались по количеству осадков и среднесуточных температур воздуха.

Для гороха 2018 г. по гидротермическому режиму был засушливым, ГТК составил 0,3. За вегетацию культуры (59 дней) наблюдался острый дефицит осадков, который составил 68,5 мм, среднемноголетнее количество осадков за аналогичный период составляло 85,2 мм. От всходов и до цветения культуры (третья декада мая – вторая декада июня) была прохладная погода. Среднесуточная температура воздуха за указанный период была ниже многолетних значений на 0,8, 4,0 и 2,5 °С соответственно в каждой из трех декад. Средняя температура в течение периода «цветение – налив бобов» гороха была на 4,0–4,1 °С выше среднемноголетней, а в период «налив бобов – спелость» – на 1,7 °С.

В 2019 г. за период вегетации гороха (58 дней) выпало 23,0 мм осадков, среднесуточная температура воздуха составила 19,3 °С, а ГТК – 0,20. По ГТК период вегетации гороха характеризуется как засушливый. Однако осадки первой декады мая (22,8 мм, что на 14 мм больше многолетнего значения) и прохладная погода в период образования завязи и до спелости культуры в сочетании с достаточными запасами почвенной влаги благоприятствовали хорошему наливу семян. Среднесуточная температура воздуха во вторую – третью декады июня была ниже многолетних значений на 0,1, 0,4 °С, а подекадно в июле ниже на 1,3, 1,0 и 1,6 °С.

Климатические условия 2020 г. для гороха можно охарактеризовать как умеренные. За вегетацию культуры (69 дней) выпало 62,7 мм осадков. Среднесуточная температура воздуха составила 18,3 °С, а ГТК – 0,47. Период «всходы – цветение» гороха характеризуется как засушливый. ГТК составил 0,57. За фазу выпало 34,2 мм осадков, что на 12,1 мм меньше многолетнего значения. Несмотря на дефицит влаги, горох развивался хорошо за счет невысокой среднесуточной температуры воздуха которая за этот период составила 15,8 °С и достаточных запасов влаги ме-

тровоого слоя почвы – 101,2 мм. Период «цветение – налив» для гороха проходил при более благоприятных условиях, чем предыдущий. В фазу образования завязи гороха (вторая декада июня) выпали осадки в количестве 20,2 мм, что на 2,3 мм больше многолетней нормы. Среднесуточная температура воздуха за период была невысокой и составила 18,8 °C. Такие условия способствовали хорошему наливу бобов.

Результаты (Results)

Урожайность зерна линий за годы конкурсного испытания по сравнению со стандартом была на уровне или выше. Так, в среднем за 2018–2020 гг. линии превышали стандарт по урожайности зерна на 0,18–0,38 т/га при средней урожайности стандарта 2,58 т/га. Лучшими по рассматриваемому признаку в среднем за три года были линии Б3737/2-2 (2,96 т/га), Б3737/2-1 (2,85 т/га) и Б3729/12 (2,80 т/га), превысившие стандарт на 0,22–0,38 т/га, или на 9–15 %.

Содержание белка в зерне в большей степени зависело от климатических условий выращивания. Исследования показали, что доля изменчивости содержания белка в семенах линий в среднем по годам (2018–2020 гг.) составила 85 %, тогда как доля изменчивости по генотипам составила 12 %, а доля генотипсредовой изменчивости признака – 3 %.

Содержание белка в семенах в среднем по линиям гороха варьировало от 27,3 % в 2018 г. до 23,3 % в 2020 г. При этом в более засушливом 2018 г. линии в среднем накапливали на 2,6–4,0 % белка больше по сравнению с менее засушливыми 2019 и 2020 гг. (таблица 1).

Несмотря на то что в целом больше белка в семенах было в 2018 г., достоверные различия по белку между линиями были выявлены лишь в 2020 г. Наибольшее количество белка в семенах было у стандарта Самариус (24,6 %) и линий Б3583/11 (24,2 %), Кт6575 (23,9 %).

В среднем за три года наблюдений количество белка в семенах линий составило 25,0 % с вариациями по линиям от 24,1 % до 25,8 %. Ни одна из линий не превысила стандарт по белку, у которого этот признак составил 25,6 %. На уровне стандарта по белку были линии Б3737/2-2 (25,2 %), Кт6575 (25,8 %) и Кт6358 (24,9 %).

Накопление белка в семенах гороха происходит в фазу налива семян, поэтому было интересно проанализировать, какие климатические условия существовали в фазу налива семян в годы исследования. В 2018 г. в период налива бобов культуры выпало 5,1 мм осадков, а среднесуточная температура воздуха составила 25,6 °C. В 2019 г. в аналогичную фазу развития гороха выпало на 8,4 мм осадков больше (13,5 мм.), а среднесуточная температура воздуха была на 5,6 °C меньше (20,0 °C) по сравнению с 2018 г. В 2020 г. в фазу налива бобов выпало 27,7 мм осадков (на 22,6 мм больше, чем в 2018 г.), а среднесуточная температура воздуха составила 18,8 °C (на 6,8 °C меньше, чем в 2018 г.). Коэффициент корреляции между накоплением белка в семенах и среднесуточной температурой воздуха в фазу налива бобов был высоким, положительным ($r = +0,944$), а между накоплением белка в семенах и количеством осадков – высоким,

Таблица 1
Количество белка в семенах линий гороха

Сорт/линия	2018 год	2019 год	2020 год	Среднее
Самариус	28,1	24,3	24,6	25,6
Б3583/11	27,8	25,0	24,2	25,6
Б3729/12	26,7	24,1	22,5	24,4
Б3737/2-2	27,5	25,0	23,1	25,2
Б3736/2-1	26,2	23,8	22,6	24,1
Кт6358	27,0	24,9	22,7	24,9
Кт6575	27,7	25,7	24,0	25,8
Средняя	27,3	24,7	23,3	25,1
НСР	$F\phi < F_T$	$F\phi < F_T$	0,61	0,66

Table 1
The amount of protein in the seeds of pea lines

Variety/line	2018	2019	2020	Average
Samarius	28.1	24.3	24.6	25.6
B3583/11	27.8	25.0	24.2	25.6
B3729/12	26.7	24.1	22.5	24.4
B3737/2-2	27.5	25.0	23.1	25.2
B3736/2-1	26.2	23.8	22.6	24.1
Kt6358	27.0	24.9	22.7	24.9
Kt6575	27.7	25.7	24.0	25.8
Average	27.3	24.7	23.3	25.1
LSD	$F\phi < F_T$	$F\phi < F_T$	0.61	0.66

отрицательным ($r = -0,986$). То есть при большей температуре воздуха и меньшем количестве осадков в период налива бобов культуры количество белка в семенах повышалось. К аналогичным выводам пришли М. Fargoо с соавторами [13, р. 994] и С. Dürr с соавторами [14, р. 384]. Как утверждают исследователи, во время налива семян стрессовые условия приводят к снижению сухой массы семени и повышению концентрации белка.

Госсорткомиссия относит сорта гороха к ценным по пищевым качествам, у которых содержание белка в семенах не ниже 24 %. Следовательно, все линии питомника КСИ по белку можно отнести к высококачественным.

Оценка пищевых качеств семян гороха по общему содержанию белка не всегда объективна. Большое значение для питания имеют запасные белки, которые у гороха представлены в виде альбуминов, глобулинов, нерастворимого белка. Альбумины растворимы в воде, хорошо усваиваются организмом человека и животных, сбалансированы по аминокислотному составу, поэтому имеют лучший питательный статус. Их содержание от общего белка в зерне гороха, по данным разных авторов, колеблется от 20–25 % [15, с. 409] до 36–87 % [16, с. 35–36].

Наблюдения показали, что количество водорастворимой фракции белка (альбумина) в семенах линий гороха было связано с генотипсредовым взаимодействием. То есть на количество альбумина оказали влияние как условия среды, так и генотипические особенности селекционного материала. Так, больше альбуминовой фракции белка в среднем по годам было у линий в 2018 и 2019 гг. – 17,4 и 16,3 % соответственно. По сравнению с 2020 г. разница составила 4,1 % (2018 г.) и 3,4 % (2019 г.) (таблица 2).

Наибольшее количество альбуминовой фракции белка в среднем по годам было у линий Б3737/2-2 (16,9 %), Кт6358 (16,6 %), Кт6575 (16,9 %). У этих линий отмечена самая высокая доля водорастворимого белка в общем его количестве: 65% (Кт6575), 67 % (Кт6358, Б3737/2-2). У стандарта Самариус в среднем за три года содержание водорастворимого белка составило 15,7 %, что на 0,9–1,2 % меньше среднего значения лучших линий.

Пищевая ценность горохового белка определяется сбалансированным содержанием незаменимых аминокислот и отношением его к идеальному белку (белок куриного яйца). У изучаемых линий гороха было определено содержание аминокислот в белке семян, а также был рассчитан аминокислотный скор, результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 2

Количество водорастворимого белка и его доля в общем белке в семенах линий гороха

Сорт/линия	Год			Среднее	Доля водорастворимой фракции белка в общем белке. В среднем за годы, %
	2018	2019	2020		
Самариус	17,3	16,6	13,3	15,7	61
Б3583/11	17,8	15,9	13,6	15,8	61
Б3729/12	14,2	13,7	12,2	13,4	55
Б3737/2-2	18,7	17,9	14,1	16,9	67
Б3736/2-1	15,6	15,0	11,7	14,1	58
Кт6358	19,1	17,4	13,4	16,6	67
Кт6575	19,6	17,9	13,1	16,9	65
Средняя	17,4	16,3	13,1		
НСР	1,3	1,1	1,2	$F\phi < F_T$	

Table 2

The amount of water-soluble protein and its share in the total protein in the seeds of pea lines

Variety/line	Year			Average	The proportion of the water-soluble protein fraction in the total protein. On average over the years, %
	2018	2019	2020		
Samarius	17.3	16.6	13.3	15.7	61
B3583/11	17.8	15.9	13.6	15.8	61
B3729/12	14.2	13.7	12.2	13.4	55
B3737/2-2	18.7	17.9	14.1	16.9	67
B3736/2-1	15.6	15.0	11.7	14.1	58
Kt6358	19.1	17.4	13.4	16.6	67
Kt6575	19.6	17.9	13.1	16.9	65
Average	17.4	16.3	13.1		
LSD	1.3	1.1	1.2	$Ff < Ft$	

Сорт/линия	Лейцин + изолейцин	Лизин	Метионин + цистеин	Фенилаланин + тирозин	Треонин	Валин
Самариус	73	127	48	70	58	82
Б3583/11	65	82	46	65	53	62
Б3729/12	74	94	60	77	38	70
Б3737/2-2	52	96	54	55	53	66
Б3736/2-1	55	102	57	55	50	66
Кт6575	53	78	43	55	38	58
Средняя	62	97	51	63	48	67

Table 3

Chemical score of pea grain, %

Variety/line	Leucine + Isoleucine	Lysine	Methionine + Cysteine	Phenylalanine + Tyrosine	Threonine	Valine
Samarius	73	127	48	70	58	82
B3583/11	65	82	46	65	53	62
B3729/12	74	94	60	77	38	70
B3737/2-2	52	96	54	55	53	66
B3736/2-1	55	102	57	55	50	66
Kt6575	53	78	43	55	38	58
Average	62	97	51	63	48	67

Наиболее близко белок линий приближался к идеальному белку по лизину. Скор по лизину в среднем по линиям составил 97 %, а самым высоким был у стандарта Самариус (127 %) и линии Б3736/2-1 (102 %). Чуть выше половины нормы (51–67 %) химический скор зерна линий был по метионину + цистеину, лейцину + изолейцину, фенилаланину + тирозину и Валину. В минимуме (48 %) химический скор был по треонину. По ряду аминокислот больший химический скор был у линии Б3729/12 (лейцин + изолейцин – 74 %, метионин + цистеин – 60 %, фенилаланин – 77 %), а также у стандарта Самариус (лизин – 127 %, треонин – 58 %, валин – 82 %).

В России горох как продукт питания традиционно потребляется в вареном виде в супах и кашах. Поэтому оценка разваримости и вкуса вареных семян является обязательной при включении сортов гороха Госсорткомиссией в список ценных по качеству.

Способность быстро и одновременно развариваться играет важную роль в оценке кулинарного достоинства зерна гороха. Чем меньше время варки и чем больше коэффициент разваримости, тем лучше пищевые достоинства семян.

Если коэффициент разваримости семян выше 2,4 ед., то разваримость считается отличной. Хорошая разваримость – при коэффициенте 2,0–2,4, а удовлетворительная – при значении ниже 2,0 [16, с. 37]. При этом для включения сорта в список ценных по качеству время варки семян должно составлять не более 160 минут, а вкус вареных семян должен быть приятным.

Наши исследования показали, что продолжительность варки и коэффициент разваримости семян сильно зависели от условий года и генетических особенностей линий (таблица 4).

Анализ взаимодействия «генотип – среда» показал, что изменчивость признака «время варки семян» в большей степени зависела от генетических особенностей линий (доля генотипической изменчивости – 61 %), а признака «коэффициент разваримости семян» – от условий года (доля средовой изменчивости – 58 %).

Нами установлено, что высокая температура воздуха во время созревания семян положительно влияла на продолжительность их варки и коэффициент разваримости. Так, в 2018 г. в период созревания семян среднесуточная температура воздуха была 22,9 °С, при этом время варки семян линий в среднем составило 128 минут, а коэффициент разваримости семян – 2,6. В 2020 г. созревание гороха проходило при среднесуточной температуре 20,3 °С, время варки семян линий в среднем составило 152 минут, а коэффициент разваримости семян составил 2,3. В 2019 г. созревание линий проходило при среднесуточной температуре 19,1 °С, при этом время варки семян составило 159 минут, а коэффициент разваримости – 2,3. Полученные данные подтверждаются высокими отрицательными и высокими положительными коэффициентами корреляции. Коэффициент корреляции продолжительности варки семян и среднесуточной температуры воздуха составил –0,995. Коэффициент корреляции коэффициента разваримости семян и среднесуточной температуры воздуха составил +0,966.

Лучшими по разваримости семян за все годы испытаний по сравнению со стандартом были линии Б3737/2-2 (110–122 минут) и Кт6575 (107–126 минут). У стандарта Самариус этот признак варьировал по годам от 130 до 192 минут. Коэффициент разваримости семян в среднем за годы испытаний был высоким у линий Б3737/2-2 (2,5 ед.), Кт6575 (2,6 ед.), у стандарта Самариус он составил 2,2 ед.

Таблица 4
Кулинарная оценка линий

Сорт/линия	Продолжительность варки семян, мин.				Коэффициент разваримости семян, ед.			
	Год			Среднее	Год			Среднее
	2018	2019	2020		2018	2019	2020	
Самариус	130	192	193	171	2,4	2,2	2,1	2,2
Б3583/11	137	177	163	159	2,6	2,2	2,4	2,4
Б3729/12	157	177	166	167	2,5	2,2	2,2	2,3
Б3737/2-2	110	122	118	116	2,8	2,3	2,4	2,5
Б3736/2-1	137	150	156	148	2,4	2,2	2,1	2,3
Кт6358	122	185	145	150	2,6	2,2	2,3	2,3
Кт6575	107	110	126	114	2,8	2,5	2,4	2,6
Средняя	128	159	152		2,6	2,3	2,3	
НСР	16	12	9		0,10	0,10	0,05	

Table 4
Culinary evaluation of pea lines

Variety/line	Duration of cooking of seeds, min.				The coefficient of solubility of seeds, un.			
	Year			Average	Year			Average
	2018	2019	2020		2018	2019	2020	
Samarius	130	192	193	171	2.4	2.2	2.1	2.2
B3583/11	137	177	163	159	2.6	2.2	2.4	2.4
B3729/12	157	177	166	167	2.5	2.2	2.2	2.3
B3737/2-2	110	122	118	116	2.8	2.3	2.4	2.5
B3736/2-1	137	150	156	148	2.4	2.2	2.1	2.3
Kt6358	122	185	145	150	2.6	2.2	2.3	2.3
Kt6575	107	110	126	114	2.8	2.5	2.4	2.6
Average	128	159	152		2.6	2.3	2.3	
LSD	16	12	9		0.10	0.10	0.05	

Вкус – важный фактор при использовании гороха и гороховых ингредиентов в пищевых продуктах. В характерный аромат гороха существенный вклад вносят шесть ароматических соединений, а особенно 3-метилбутановая кислота и гексанал [17, с. 2718].

Вкус каши всех линий гороха и стандарта Самариус за годы испытаний был приятным, слегка сладковатым, без посторонних запахов, а консистенция каши – пюреобразной. В результате дегустации каши все линии получили высокую оценку 4–5 баллов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На накопление белка в семенах линий гороха сильное влияние оказывали условия среды. При этом сухая жаркая погода в период налива бобов способствовала большему накоплению белка. На количество водорастворимой фракции белка (альбумин) оказали влияние как условия среды, так и генотипические особенности селекционного материала. Выявлены линии (Б3737/2-2, Кт6358, Кт6575), не уступающие стандарту Самариус по содержанию белка в семенах и превышающие его по альбумину как в абсолютном значении, так и в процентах от общего белка.

Оценка кулинарных достоинств показала, что продолжительность варки семян зависела от генети-

ческих особенностей линий, а коэффициент разваримости семян – от условий года. Установлено, что высокая температура воздуха во время созревания линий положительно влияла на продолжительность варки и коэффициент разваримости семян. Высокую кулинарную оценку по рассматриваемым признакам получили линии Б3737/2-2 и Кт6575. Вкус каши всех линий был высоким на уровне 4–5 баллов.

Высокие пищевые достоинства линии Б3737/2-2 обусловлены генетическими задатками ее родителей. В происхождении линии Б3737/2-2 участвовал ценный по пищевым качествам сорт Флагман 10. Это высокобелковый сорт с быстрой разваримостью семян. Содержание белка у сорта Флагман 10 не снижается менее 24 %, а разваримость семян не превышает 120 минут. Следует отметить, что в происхождении сорта Флагман 10 участвовал сорт Куйбышевский, бывший когда-то эталоном качества в Госкомиссии по сортоиспытанию. Генетика высокого качества семян линий К6575 и Кт6358 нам неизвестна, поскольку оригинал (Татарский НИИСХ) не раскрыл их происхождение.

За высокие пищевые достоинства линии Б3737/2-2, Кт6575, Кт6358 предполагается использовать как источники новых сортов.

1. Шорин Е. История гороха в Европе и России [Электронный ресурс]. URL: <https://mysadiogorod.com/ovoshhi/istoriya-goroha-v-evrope-i-rossii> (дата обращения: 09.09.2021).
2. Krefting J. The Appeal of Pea Protein [Электронный ресурс]. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051227617301516> (дата обращения: 09.09.2021). DOI: 10.1053/j.jm.2017.06.009.
3. Taylor S. L., Marsh J. T., Koppelman S. J., et al. A perspective on pea allergy and pea allergens // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 116. Pp. 186–198. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.07.017.
4. Dhaliwal S. K., Salaria P., Kaushik P. Pea Seed Proteins: A Nutritional and Nutraceutical Update [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/349661558_Pea_Seed_Proteins_A_Nutritional_and_Nutraceutical_Update (дата обращения: 10.09.2021). DOI: 10.5772/intechopen.95323.
5. Жогалева О. С., Стрельцова Л. Г. Высота растения и устойчивость к полеганию сортов гороха под влиянием хелатных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 05 (208). С. 31–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-31-39.
6. Майстренко О. А. Оценка перспективных линий гороха по пищевым качествам и урожайности зерна // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4 (32). С. 31–34. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11128.
7. Браилова И. С., Филатова И. А., Юрьева Н. И. [и др.] Оценка перспективных сортообразцов гороха по качеству и взаимосвязь биохимических показателей с урожайностью и массой 1000 зерен // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 20–25. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11180.
8. Пахотина И. В., Омелянюк Л. В., Игнатьева Е. Ю., Асанов А. М. Особенности формирования содержания белка в зерне гороха в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10. С. 60–67. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-60-67.
9. Омелянюк Л. В., Пахотина И. В., Асанов А. М., Игнатьева Е. Ю. Результаты оценки качества зерна линий гороха конкурсного сортоиспытания в ФГБНУ «Омский АНЦ» // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30) С. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085.
10. Gali K. K., Sackville A., Tafesse E. G. Genome-Wide Association Mapping for Agronomic and Seed Quality Traits of Field Pea (*Pisum sativum* L.) // Frontiers in Plant Science 2019. Vol. 10. Pp. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2019.01538.
11. Gali K. K., Yong L., Anoop S., Marwan D., Arun S. K., Gene A., et al. Construction of high-density linkage maps for mapping quantitative trait loci for multiple traits in field pea (*Pisum sativum* L.) // BMC Plant Biology. 2018. Vol. 18 (1). Article number 2. DOI: 10.1186/s12870-018-1368-4.
12. Robinson G. H. J., Domoney C. Perspectives on the genetic improvement of health- and nutrition-related traits in pea. // Plant Physiology and Biochemistry. 2021. Vol. 158. Pp. 353–362. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.020.
13. Farooq M., Nadeem F., Gogoi N., et al. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases // Crop & Pasture Science. 2017. Vol. 68 (11). Pp. 985–1005. DOI: 10.1071/CP17012.
14. Dürr C., Brunel-Muguet S., Girousse C., et al. Changes in seed composition and germination of wheat (*Triticum aestivum*) and pea (*Pisum sativum*) when exposed to high temperatures during grain filling and maturation // Crop and Pasture Science. 2018. Vol. 69 (4), Pp. 384–386. DOI: 10.1071/CP17397.
15. Бобков С. В., Уваров О. В. Разработка оптимального метода получения изолированных белков гороха для использования в селекции на качество // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. 21(4). С. 408–416. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.408-416.
16. Королев А. А., Урубков С. А., Коптяева И. С., Корнева Л. Я. Общая характеристика и применение в технологии пищекопцентратов зернобобовых растений // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 35–39. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.007.
17. Bi S., Xu X., Luo D., et al. Characterization of Key Aroma Compounds in Raw and Roasted Peas (*Pisum sativum* L.) by Application of Instrumental and Sensory Techniques // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2020. Vol. 68. Pp. 2718–2727. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b07711.

Об авторах:

Анатолий Иванович Катюк¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории зернобобовых культур, ORCID 0000-0002-2630-8981, AuthorID 637655; +7 927 600-29-84, kai.bez@yandex.ru

¹ Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, Самара, Россия

Protein formation and nutritional advantages of promising pea lines in the forest-steppe of the Middle Volga region

A. I. Katyuk¹✉

¹ Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Samara, Russia

✉ E-mail: kai.bez@yandex.ru

Abstract. The experiments were conducted at Samara Research Institute of Agriculture, a branch of the SamSC RAS in 2018–2020. **The purpose of the research.** Evaluation of promising lines of peas from the competitive variety trial nursery for the nutritional quality of seeds to create new varieties for the Middle Volga region. **Methodology and methods of research.** The material for the study was 6 promising lines of peas. The nutritional quality of the lines were evaluated according to the following characteristics: the protein content and composition in the seeds, the boiling time of the seeds, the seed cooking coefficient, and the taste of the boiled seeds. The peas grew and developed in dry (2018–2019) and moderate (2020) weather conditions. **Results.** The protein content in the seeds of the lines was determined by external environmental factors, especially the weather conditions during the bean filling phase. The seeds accumulated more protein when the weather was dry during the bean filling. The protein content of seeds had a positive correlation ($r = 0.944$) with the average daily air temperature, and a negative correlation ($r = 0.986$) with precipitation during the bean filling phase. On average, the lines had the same protein content as the Samarius standard but corresponded to the standard value of high-quality varieties (not less than 24.0 %). The following lines had the same seed protein content as the standard (25.6 %): B3737/2-2 (25.2 %), Kt6575 (25.8 %), Kt6358 (24.9 %). These lines contained a large amount of water-soluble protein fraction in comparison with the standard: Kt6575 (16.9 %), Kt6358 (16.6 %), and B3737/2-2 (16.9 %). B3737/2-2 and Kt6575 showed high cooking quality (seed boiling time 110–122 minutes, seed cooking coefficient 2.5–2.6). All lines had a good taste of boiled seeds equal to 4–5 points. **Scientific novelty.** B3737/2-2, Kt6575, Kt6358 have been suggested to be used as sources of new varieties for their high cooking quality.

Keywords: peas (*Pisum sativum* L.), variety, quality, cooking property, protein, taste, amino acids.

For citation: Formirovanie belka i pishchevye dostoinstva perspektivnykh liniy gorokha v lesostepi Srednego Povolzh'ya [Protein formation and nutritional advantages of promising pea lines in the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 41–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-41-49. (In Russian.)

Date of paper submission: 29.09.2021, **date of review:** 19.10.2021, **date of acceptance:** 04.11.2021.

References

1. Shorin E. Istoriya gorokha v Evrope i Rossii [The history of peas in Europe and Russia] [e-resource]. URL: <https://mysadiogorod.com/ovoshhi/istoriya-gorokha-v-evrope-i-rossii> (date of reference: 09.09.2021). (In Russian.)
2. Krefting J. The Appeal of Pea Protein [e-resource]. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051227617301516> (date of reference: 09.09.2021). DOI: 10.1053/j.jrn.2017.06.009.
3. Taylor S. L., Marsh J. T., Koppelman S. J., et al. A perspective on pea allergy and pea allergens // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 116. Pp. 186–198. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.07.017.
4. Dhaliwal S. K., Salaria P., Kaushik P. Pea Seed Proteins: A Nutritional and Nutraceutical Update. [e-resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/349661558_Pea_Seed_Proteins_A_Nutritional_and_Nutraceutical_Update (date of reference: 10.09.2021). DOI: 10.5772/intechopen.95323.
5. Zhogaleva O. S., Strel'tsova L. G. Vysota rasteniya i ustoychivost' k poleganiyu sortov gorokha pod vliyaniem khelatnykh udobreniy [Plant height and resistance to lodging of pea varieties under the influence of chelated micro-nutrient fertilizers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 05 (208). Pp. 31–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-31-39. (In Russian.)
6. Maystrenko O. A. Otsenka perspektivnykh liniy gorokha po pishchevym kachestvam i urozhaynosti zerna [Evaluation of promising pea lines by nutritional qualities and grain yield] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. No. 4 (32). Pp. 31–34. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11128. (In Russian.)
7. Brailova I. S., Filatova I. A., Yur'eva N. I., et al. Otsenka perspektivnykh sortobraztsov gorokha po kachestvu i vzaimosvyaz' biokhimicheskikh pokazateley s urozhaynost'yu i massoy 1000 zeren [Evaluation of promising varieties of peas in quality and the relationship of biochemical parameters with yield and weight of 1000 grains] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2020. No. 3 (35). Pp. 20–25. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11180. (In Russian.)

8. Pakhotina I. V., Omel'yanyuk L. V., Ignat'eva E. Yu., Asanov A. M. Osobennosti formirovaniya sodержaniya belka v zerne gorokha v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [The Features of protein formation in pea grain under the conditions of West Siberia] // Vestnik KrasGAU. 2020. No. 10. Pp. 60–67. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-60-67. (In Russian.)
9. Omel'yanyuk L. V., Pakhotina I. V., Asanov A. M., Ignat'eva E. Yu. Rezul'taty otsenki kachestva zerna liniy gorokha konkurnogo sortoispytaniya v FGBNU "Omskiy ANTs" [The results of the quality assessments of peas grain by using competitive variety test in the Federal state scientific institution "OMSK SARC"] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. No.2 (30). Pp. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085. (In Russian.)
10. Gali K. K., Sackville A., Tafesse E. G. Genome-Wide Association Mapping for Agronomic and Seed Quality Traits of Field Pea (*Pisum sativum* L.) // Frontiers in Plant Science 2019. Vol. 10. Pp. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2019.01538.
11. Gali K. K., Yong L., Anoop S., Marwan D., Arun S. K., Gene A., et al. Construction of high-density linkage maps for mapping quantitative trait loci for multiple traits in field pea (*Pisum sativum* L.) // BMC Plant Biology. 2018. Vol. 18 (1). Article number 2. DOI: 10.1186/s12870-018-1368-4.
12. Robinson G. H. J., Domoney C. Perspectives on the genetic improvement of health- and nutrition-related traits in pea. // Plant Physiology and Biochemistry. 2021. Vol. 158. Pp. 353–362. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.020.
13. Farooq M., Nadeem F., Gogoi N., et al. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases // Crop & Pasture Science. 2017. Vol. 68 (11). Pp. 985–1005. DOI: 10.1071/CP17012.
14. Dürr C., Brunel-Muguet S., Girousse C., et al. Changes in seed composition and germination of wheat (*Triticum aestivum*) and pea (*Pisum sativum*) when exposed to high temperatures during grain filling and maturation // Crop and Pasture Science. 2018. Vol. 69 (4), Pp. 384–386. DOI: 10.1071/CP17397.
15. Bobkov S. V., Uvarov O. V. Razrabotka optimal'nogo metoda polucheniya izolirovannykh belkov gorokha dlya ispol'zovaniya v selektsii na kachestvo [Development of optimal method of obtaining pea isolated proteins for use in breeding for quality] // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21 (4). Pp. 408–416. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.408-416. (In Russian.)
16. Korolev A. A., Urubkov S. A., Koptyaeva I. S., Korneva L. Ya. Obshchaya kharakteristika i primeneniye v tekhnologii pishchekonsentratov zerno bobovykh rasteniy [Leguminous plants. General characteristics and application in the technology of food concentrates] // Polzunovskiy vestnik. 2020. No. 2. Pp. 35–39. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.007. (In Russian.)
17. Bi S., Xu X., Luo D., et al. Characterization of Key Aroma Compounds in Raw and Roasted Peas (*Pisum sativum* L.) by Application of Instrumental and Sensory Techniques // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2020. Vol. 68. Pp. 2718–2727. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b07711.

Authors' information:

Anatoliy I. Katyuk¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of leguminous crops, ORCID 0000-0002-2630-8981, AuthorID 637655; +7 927 600-29-84, kai.bez@yandex.ru

¹ Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Samara, Russia

Скрининг микроорганизмов, способных ускорять процесс микробной трансформации птичьего помета

А. В. Лунева¹✉

¹ Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

✉ E-mail: albina.luneva@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – скрининг коллекционных штаммов микроорганизмов, обладающих ферментативными свойствами для ускорения процессов микробного биоразложения птичьего помета. **Методы исследований.** Изучали протеолитическую активность выращенных культур согласно ГОСТ 20264.2-88, анализировали общее микробное число в курином помете (КОЕ/мл), определяли аммонийный азот. **Результаты исследований.** В результате проведенных экспериментов установлено, что самую высокую протеолитическую активность (74,6 ед/г) продемонстрировал штамм *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171). При анализе действия исследуемых коллекционных штаммов на процессы разложения помета выявлено, что наибольшее количество микробных клеток в птичьем помете было достигнуто при использовании *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171): на начало исследований оно составляло 10⁴ КОЕ/мл, а к 15-м суткам было максимальным и составило 10¹¹ КОЕ/мл. Содержание аммонийного азота в обработанном данной культурой помете с 340 мг/л от начала эксперимента снизилось до 174 и 169 мг/л на 15-е и 20-е сутки соответственно, что было наилучшим показателем. При подборе дозы и концентрации штамма-продуцента *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) для внесения в птичий помет установлено, что для ускорения процесса биодеструкции птичьего помета оптимальной дозой внесения исследуемой культуры является 4,0 % от массы органического отхода при предварительном разбавлении в 2 раза водой. При этом оптимальное время выдержки помета и исследуемой культуры составляет 15 суток. **Научная новизна.** Впервые установлено, что при обработке куриного помета коллекционным штаммом *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) ускоряется процесс его микробной трансформации.

Ключевые слова: подбор, коллекционные микроорганизмы, *Pseudomonas*, *Bacillus*, протеолитическая активность, куриный помет, соотношение, биоразложение, аммонийный азот, общее микробное число, время обработки, доза внесения.

Для цитирования: Лунева А. В. Скрининг микроорганизмов, способных ускорять процесс микробной трансформации птичьего помета // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 50–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-50-58.

Дата поступления статьи: 26.08.2021, **дата рецензирования:** 25.10.2021, **дата принятия:** 12.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В последние годы индустрия птицеводства быстро расширилась не только на территории Российской Федерации, но и по всему миру из-за растущего спроса на продукты животноводства, что, несомненно, привело к увеличению накопления продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственной птицы на промышленных предприятиях в десятки раз [1, с. 4953], [2, с. 25], [3, с. 218], [4, с. 33], [5, с. 6]. Массовые отложения помета сельскохозяйственной птицы вызывают серьезные экологические проблемы, включая неприятный запах, загрязнение почвы и воды, а также распространение устойчивости к антибиотикам условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, что представляет большую угрозу для здоровья человека [6, с. 135], [7, с. 5], [8, с. 65], [9, с. 70]. Поэтому

крайне важно продолжать поиск эффективных методов биобезопасности при переработке птичьего помета [10, с. 14].

Компостирование может преобразовывать органические сельскохозяйственные и промышленные отходы в биоудобрения без вреда для окружающей среды и является многообещающим методом удаления отходов промышленного производства [11, с. 3], [12, с. 34]. В процессе компостирования микробные сообщества играют самую важную роль в разложении органических материалов до легкоусвояемых компонентов [13, с. 1].

Общеизвестно, что птичий помет содержит высокое количество азотных компонентов, в частности белков, что обусловлено спецификой кормовых смесей, присутствующих в рационах сельскохозяйствен-

ной птицы [14, с. 60]. В этой связи поиск микроорганизмов, обладающих высокой протеолитической активностью, способных расщеплять и ускорять биодеградацию белка птичьего помета на более простые органические соединения, которые впоследствии, находясь в более доступной форме, будут использоваться аборигенной микрофлорой помета, что обеспечит наилучший технологический эффект утилизации, является перспективной задачей в сфере промышленного птицеводства [15, с. 29].

Целью научно-исследовательской работы является поиск коллекционных штаммов микроорганизмов, обладающих протеолитическими свойствами для ускорения процессов микробного биоразложения продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственной птицы (птичьего помета).

Методология и методы исследования (Methods)

Научно-исследовательская работа осуществлялась в лабораториях кафедр биотехнологии, биохимии и биофизики, а также паразитологии, ветсанэкспертизы и зоогигиены и базах при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный

аграрный университет имени И. Т. Трубилина»: научно-исследовательский институт прикладной и экспериментальной экологии, а также научно-испытательный центр токсико-фармакологических исследований и разработки лекарственных средств ветеринарного применения, кормовых добавок и дезинфектантов (НИЦ Ветфармбиоцентр).

Культуры коллекционных штаммов микроорганизмов, используемых в научно-исследовательских экспериментах, представлены в таблице 1.

Объектом, на который было направлено действие исследуемых микробных коллекционных культур, являлся куриный нативный помет.

При подборе коллекционного штамма, обладающего наилучшими свойствами биоразложения помета, проводили изучение протеолитической активности выращенных культур согласно ГОСТ 20264.2-88, в экспериментах на курином помете, обработанном исследуемыми микроорганизмами, анализировали общее микробное число путем высевов на мясопептонный агар (КОЕ/мл) и содержание аммонийного азота в трех повторностях [16, с. 321–333].

Таблица 1

Коллекционные штаммы микроорганизмов, используемые в научно-исследовательской работе

Область применения штамма/ синтезируемый продукт	Место взятия штамма	
	Коллекция КубГАУ	Коллекция ВКПМ*
Деструктор ароматических соединений	<i>Pseudomonas putida</i> ATCC 12633	<i>Pseudomonas putida</i> 90 биовар А (171)
Протеаза нейтральная	—	<i>Bacillus megaterium</i> BM-11
		<i>Bacillus subtilis</i> 203
		<i>Bacillus subtilis</i> 103
Протеаза щелочная	—	<i>Bacillus subtilis</i> 310
		<i>Bacillus subtilis</i> «ВНИИгенетика 90»
Протеолитические ферменты	—	<i>Bacillus licheniformis</i> Л-34
		<i>Bacillus mesentericus</i> B-2466
		<i>Bacillus subtilis</i> «ВНИИгенетика-45»

* Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов.

Table 1

Collection strains of microorganisms used in research work

Scope of the strain / synthesized product	Place of taking the strain	
	KubSAU collection	ARCIM* collection
Destructor of aromatic compounds	<i>Pseudomonas putida</i> ATCC 12633	<i>Pseudomonas putida</i> 90 biovar A (171)
Protease neutral	—	<i>Bacillus megaterium</i> BM-11
		<i>Bacillus subtilis</i> 203
		<i>Bacillus subtilis</i> 103
Alkaline protease	—	<i>Bacillus subtilis</i> 310
		<i>Bacillus subtilis</i> “VNIIGenetics 90”
Proteolytic enzymes	—	<i>Bacillus licheniformis</i> L-34
		<i>Bacillus mesentericus</i> B-2466
		<i>Bacillus subtilis</i> “VNIIGenetics-45”

* Russian collection of industrial microorganisms.

Экспресс-анализ на возможность проявления протеолитических свойств проводили с применением метода полимеразной цепной реакции (ПЦР), используя в качестве матрицы тотальную ДНК отобранных чистых штаммов и праймеры, комплементарные последовательностям генов, кодирующих протеазы, подобные протеолитическим ферментам, в частности, сериновые, аспартатные, треониновые, глутаминовые, цистеиновые, металлопротеазы и аспарагин.

Результаты (Results)

Культуры микроорганизмов были выбраны с учетом предыдущего опыта, их термотолерантности и назначения. Каждая из привлеченных групп микроорганизмов ответственна за решение определенной задачи: разрушение сложных веществ до легкодоступных субстратов, разложение органического вещества с высвобождением аммонийного азота для последующего перевода его в доступную для растений форму, подавление развития патогенной микрофлоры, консервация питательных веществ образующегося компоста и т. д.

В ходе экспериментальных исследований на первом этапе проводили изучение протеолитической активности взятых для опытов культур микроорганизмов. Результаты протеолитической активности исследуемых коллекционных штаммов представлены в таблице 2.

Результаты изучения ферментативной активности показали, что все штаммы обладают протеолитическими свойствами, так как в той или иной степени продуцировали протеазы. Из штаммов, которые продемонстрировали высокую протеолитическую активность, следует выделить *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171), *Pseudomonas putida* ATCC 12633, *Bacillus licheniformis* Л-34 и *Bacillus mesentericus* В-2466. Однако наибольшую протеолитическую активность продемонстрировал штамм *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171): она составила 74,6 ед/г, что было выше, чем у *Bacillus licheniformis* Л-34, на 12,9 ед/г, *Pseudomonas putida* ATCC 12633 на 16,4 ед/г и *Bacillus mesentericus* В-2466 – на 19,4 ед/г.

Также для подбора наиболее перспективного штамма по молекулярно-генетическим свойствам проводилось изучение в бактериальном геноме исследуемых культур микроорганизмов генов, кодирующих протеазы различных групп, с использованием полимеразной цепной реакции (ПЦР). Был проведен экспресс-анализ наличия в тотальной ДНК исследуемых коллекционных штаммов, генов, схожих с последовательностями семи важных групп протеолитических ферментов (в частности, сериновые, аспартатные, треониновые, глутаминовые, цистеиновые, металлопротеазы и аспарагин), с использованием специфических праймеров.

Таблица 2
Протеолитическая активность экспериментальных штаммов

Штамм-продуцент	Протеолитическая активность, ед/г
<i>Pseudomonas putida</i> ATCC 12633	58,2 ± 2,2
<i>Pseudomonas putida</i> 90 биовар А (171)	74,6 ± 3,1
<i>Bacillus megaterium</i> ВМ-11	20,2 ± 0,8
<i>Bacillus subtilis</i> 203	39,4 ± 1,7
<i>Bacillus subtilis</i> 103	45,7 ± 1,9
<i>Bacillus subtilis</i> 310	49,3 ± 1,9
<i>Bacillus subtilis</i> «ВНИИгенетика 90»	40,4 ± 1,6
<i>Bacillus licheniformis</i> Л-34	61,7 ± 2,8
<i>Bacillus mesentericus</i> В-2466	55,2 ± 2,3
<i>Bacillus subtilis</i> «ВНИИгенетика-45»	43,3 ± 2,1

Table 2
Proteolytic activity of experimental strains

Producing strain	Proteolytic activity, units / g
<i>Pseudomonas putida</i> ATCC 12633	58.2 ± 2.2
<i>Pseudomonas putida</i> 90 biovar A (171)	74.6 ± 3.1
<i>Bacillus megaterium</i> ВМ-11	20.2 ± 0.8
<i>Bacillus subtilis</i> 203	39.4 ± 1.7
<i>Bacillus subtilis</i> 103	45.7 ± 1.9
<i>Bacillus subtilis</i> 310	49.3 ± 1.9
<i>Bacillus subtilis</i> «VNIIGenetics 90»	40.4 ± 1.6
<i>Bacillus licheniformis</i> L-34	61.7 ± 2.8
<i>Bacillus mesentericus</i> В-2466	55.2 ± 2.3
<i>Bacillus subtilis</i> «VNIIGenetics-45»	43.3 ± 2.1

Зависимость биоконверсии куриного помета от времени обработки и используемой культуры микроорганизма

Коллекционный штамм-продуцент	Время исследований, сутки													
	0		5		10		15		20		25		30	
	Анализируемый показатель													
	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л
<i>Pseudomonas putida</i> ATCC 12633	10 ⁴	340	10 ⁵	302	10 ⁶	264	10 ⁹	174	10 ⁹	169	10 ⁹	170	10 ⁸	172
<i>Pseudomonas putida</i> 90 биовар А (171)	10 ⁴	340	10 ⁶	281	10 ⁸	228	10 ¹¹	132	10 ¹¹	130	10 ¹¹	134	10 ¹⁰	129
<i>Bacillus megaterium</i> BM-11	10 ⁴	340	10 ⁴	334	10 ⁴	323	10 ⁵	307	10 ⁵	303	10 ⁵	304	10 ⁵	301
<i>Bacillus subtilis</i> 203	10 ⁴	340	10 ⁴	321	10 ⁴	304	10 ⁵	304	10 ⁵	296	10 ⁵	289	10 ⁵	294
<i>Bacillus subtilis</i> 103	10 ⁴	340	10 ⁴	326	10 ⁴	305	10 ⁵	305	10 ⁵	304	10 ⁵	298	10 ⁵	302
<i>Bacillus subtilis</i> 310	10 ⁴	340	10 ⁴	317	10 ⁵	297	10 ⁶	288	10 ⁶	283	10 ⁶	290	10 ⁶	289
<i>Bacillus subtilis</i> ВНИИгенетика 90	10 ⁴	340	10 ⁴	330	10 ⁴	320	10 ⁵	320	10 ⁵	314	10 ⁵	310	10 ⁵	312
<i>Bacillus licheniformis</i> Л-34	10 ⁴	340	10 ⁵	311	10 ⁶	295	10 ⁶	295	10 ⁷	273	10 ⁶	261	10 ⁵	254
<i>Bacillus mesentericus</i> В-2466	10 ⁴	340	10 ⁴	319	10 ⁵	298	10 ⁶	298	10 ⁷	276	10 ⁶	271	10 ⁶	268
<i>Bacillus subtilis</i> ВНИИгенети-ка-45	10 ⁴	340	10 ⁴	326	10 ⁵	312	10 ⁵	312	10 ⁵	305	10 ⁵	301	10 ⁵	297
Помет без обработки	10 ⁴	340	10 ⁴	341	10 ⁴	339	10 ⁴	338	10 ⁴	341	10 ⁴	338	10 ⁴	335

Table 3
Dependence of the bioconversion of chicken manure on the time of treatment and the culture of the microorganism used

Collectible strain	Research time, days													
	0		5		10		15		20		25		30	
	Analyzed indicator													
	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l
<i>Pseudomonas putida</i> ATCC 12633	10 ⁴	340	10 ⁵	302	10 ⁶	264	10 ⁹	174	10 ⁹	169	10 ⁹	170	10 ⁸	172
<i>Pseudomonas putida</i> 90 biovar A (171)	10 ⁴	340	10 ⁶	281	10 ⁸	228	10 ¹¹	132	10 ¹¹	130	10 ¹¹	134	10 ¹⁰	129
<i>Bacillus megaterium</i> BM-11	10 ⁴	340	10 ⁴	334	10 ⁴	323	10 ⁵	307	10 ⁵	303	10 ⁵	304	10 ⁵	301
<i>Bacillus subtilis</i> 203	10 ⁴	340	10 ⁴	321	10 ⁴	304	10 ⁵	304	10 ⁵	296	10 ⁵	289	10 ⁵	294
<i>Bacillus subtilis</i> 103	10 ⁴	340	10 ⁴	326	10 ⁴	305	10 ⁵	305	10 ⁵	304	10 ⁵	298	10 ⁵	302
<i>Bacillus subtilis</i> 310	10 ⁴	340	10 ⁴	317	10 ⁵	297	10 ⁶	288	10 ⁶	283	10 ⁶	290	10 ⁶	289
<i>Bacillus subtilis</i> «VNIIGenetics 90»	10 ⁴	340	10 ⁴	330	10 ⁴	320	10 ⁵	320	10 ⁵	314	10 ⁵	310	10 ⁵	312
<i>Bacillus licheniformis</i> L-34	10 ⁴	340	10 ⁵	311	10 ⁶	295	10 ⁶	295	10 ⁷	273	10 ⁶	261	10 ⁵	254
<i>Bacillus mesentericus</i> B-2466	10 ⁴	340	10 ⁴	319	10 ⁵	298	10 ⁶	298	10 ⁷	276	10 ⁶	271	10 ⁶	268
<i>Bacillus subtilis</i> «VNIIGenetics-45»	10 ⁴	340	10 ⁴	326	10 ⁵	312	10 ⁵	312	10 ⁵	305	10 ⁵	301	10 ⁵	297
Litter without treatment	10 ⁴	340	10 ⁴	341	10 ⁴	339	10 ⁴	338	10 ⁴	341	10 ⁴	338	10 ⁴	335

* Total microbial count. ** Ammonium nitrogen.

Проведенные исследования выявили положительные сигналы для всех анализируемых культур микроорганизмов, но в различной степени: у *Pseudomonas putida* ATCC 12633 – серин-, аспаргат-, глутамин-, цистеин- и металлопротеазоподобные гены; *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) – серин-, аспаргат-, треонин-,

глутамин-, цистеин-, металлопротеаз- и аспарагинподобные гены; *Bacillus megaterium* BM-11 – треонин- и цистеинподобные гены; *Bacillus subtilis* 203 – серин-, аспаргат- и глутаминподобные гены; *Bacillus subtilis* 103 – серин-, аспаргат- и глутаминподобные гены; *Bacillus subtilis* 310 – серин-, аспаргат-, глутамин- и

цистеинподобные гены; *Bacillus subtilis* «ВНИИГенетика 90» – серин-, глутамин- и цистеинподобные гены; *Bacillus licheniformis* Л-34 – серин-, аспарат-, треонин-, глутамин-, цистеин-, и аспарагинподобные гены; *Bacillus mesentericus* В-2466 – серин-, аспарат-, треонин-, глутамин- и цистеинподобные гены; *Bacillus subtilis* «ВНИИГенетика-45» – серин-, аспарат-, глутамин- и цистеинподобные гены. Полученные результаты говорят о большей предпочтительности использования в качестве штамма-деструктора культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171), так как в структуре его тотальной ДНК были выявлены гены, кодирующие протеолитические ферменты семи различных групп.

Проводилось изучение действия культур исследуемых микроорганизмов на биоразложение куриного помета бесподстилочного содержания в течение 30 дней, при этом в качестве анализируемых показателей каждые пять дней регистрировались общее микробное число (ОМЧ) и содержание аммонийного азота. Для исследований использовали активную микробную культуру взятых для экспериментов штаммов с титром клеток не менее 10^9 КОЕ/мл. Доза внесения штаммов-продуцентов для скрининга составляла 10,0 % от массы побочного продукта. Зависимость биоконверсии куриного помета от времени обработки и используемой культуры микроорганизма представлена в таблице 3.

Таблица 4
Зависимость биоразложения помета от времени обработки и дозы микробной культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171)

Доза внесения, %	Время исследований, сутки													
	0		5		10		15		20		25		30	
	Анализируемый показатель													
	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л
1,0	10 ⁴	319	10 ⁵	303	10 ⁶	273	10 ⁷	227	10 ⁸	201	10 ⁸	198	10 ⁷	206
2,0	10 ⁴	319	10 ⁶	296	10 ⁷	259	10 ⁸	206	10 ⁹	201	10 ⁹	194	10 ⁹	193
3,0	10 ⁴	319	10 ⁶	285	10 ⁸	215	10 ¹⁰	179	10 ¹⁰	164	10 ¹⁰	160	10 ⁹	155
4,0	10 ⁴	319	10 ⁶	278	10 ⁹	211	10 ¹¹	132	10 ¹¹	130	10 ¹⁰	131	10 ¹⁰	133
5,0	10 ⁴	319	10 ⁷	277	10 ⁹	214	10 ¹¹	130	10 ¹¹	127	10 ¹¹	135	10 ¹⁰	131
10,0	10 ⁴	319	10 ⁷	274	10 ⁹	207	10 ¹¹	126	10 ¹¹	125	10 ¹¹	130	10 ¹¹	132
Помет без обработ- ки	10 ⁴	319	10 ⁴	318	10 ⁴	315	10 ⁴	317	10 ⁴	316	10 ⁴	312	10 ⁵	309

Table 4
Dependence of litter biodegradation on treatment time and dose of microbial culture *Pseudomonas putida* 90 biovar A (171)

Application dose, %	Research time, days													
	0		5		10		15		20		25		30	
	Analyzed indicator													
	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l
1,0	10 ⁴	319	10 ⁵	303	10 ⁶	273	10 ⁷	227	10 ⁸	201	10 ⁸	198	10 ⁷	206
2,0	10 ⁴	319	10 ⁶	296	10 ⁷	259	10 ⁸	206	10 ⁹	201	10 ⁹	194	10 ⁹	193
3,0	10 ⁴	319	10 ⁶	285	10 ⁸	215	10 ¹⁰	179	10 ¹⁰	164	10 ¹⁰	160	10 ⁹	155
4,0	10 ⁴	319	10 ⁶	278	10 ⁹	211	10 ¹¹	132	10 ¹¹	130	10 ¹⁰	131	10 ¹⁰	133
5,0	10 ⁴	319	10 ⁷	277	10 ⁹	214	10 ¹¹	130	10 ¹¹	127	10 ¹¹	135	10 ¹⁰	131
10,0	10 ⁴	319	10 ⁷	274	10 ⁹	207	10 ¹¹	126	10 ¹¹	125	10 ¹¹	130	10 ¹¹	132
Litter without treatment	10 ⁴	319	10 ⁴	318	10 ⁴	315	10 ⁴	317	10 ⁴	316	10 ⁴	312	10 ⁵	309

* Total microbial count. ** Ammonium nitrogen.

По результатам исследований установлено, что наибольшее количество микробных клеток в птичьем помете достигнуто при использовании микробной культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171): от начала исследований оно было 10^4 КОЕ/мл, к 15-м суткам составило 10^{11} КОЕ/мл, а далее титр микрофлоры во всех случаях перестал повышаться, что, скорее всего, обусловлено прекращением действия ферментного комплекса протеолитических микроорганизмов, обеспечивающего активное питание как аборигенной, так и исследуемой микробной культуры (таблица 3).

При анализе содержания аммонийного азота в курином помете выявлено максимальное уменьшение исследуемого показателя к 15–20-м суткам от начала обработки, что коррелирует с динамикой увеличения общего числа микроорганизмов. Наименьший уровень аммонийного азота был зафиксирован при обработке помета микробной культурой *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171), данный показатель с 340 мг/л от начала обработки снизился до 174 и 169 мг/л.

Анализируемые показатели куриного помета, не обработанного микробной культурой, в течение эксперимента существенно не изменились.

Таким образом, результаты исследований показали, что наиболее перспективной культурой для биоконверсии куриного помета из исследуемых коллекционных штаммов является протеолитический штамм-продуцент *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171), при этом по предварительным данным установлено, что оптимальное время выдерживания побочной продукции птицеводства, обработанной данной культурой, составляет 15–20 дней.

Следующим этапом исследований являлся подбор дозы внесения протеолитической культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) в бесподстилочный нативный куриный помет. Доза внесения культуры варьировала от 1,0 до 5,0 %, максимально используемая в предварительных исследованиях – 10,0 %. Титр клеток был максимальным и составлял не менее 10^9 КОЕ/мл. Результаты исследований продемонстрированы в таблице 4.

Таблица 5
Зависимость биоразложения помета от времени обработки и концентрации культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171)

Штамм-продуцент: вода	Время исследований, сутки													
	0		5		10		15		20		25		30	
	Анализируемый показатель													
	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л	ОМЧ, кл/г	Аммонийный азот, мг/л
Без разбавления	10 ⁴	332	10 ⁶	279	10 ⁹	207	10 ¹¹	128	10 ¹¹	132	10 ¹¹	130	10 ¹⁰	137
1:2	10 ⁴	332	10 ⁶	285	10 ⁹	202	10 ¹¹	131	10 ¹¹	130	10 ¹¹	135	10 ¹⁰	132
1:3	10 ⁴	332	10 ⁵	289	10 ⁸	210	10 ¹¹	133	10 ¹¹	135	10 ¹⁰	139	10 ¹⁰	136
1:4	10 ⁴	332	10 ⁵	297	10 ⁷	259	10 ⁹	224	10 ⁹	219	10 ⁹	218	10 ⁸	222
1:5	10 ⁴	332	10 ⁵	310	10 ⁶	288	10 ⁷	276	10 ⁷	277	10 ⁸	252	10 ⁸	250
Помет без обработки	10 ⁴	332	10 ⁴	333	10 ⁴	330	10 ⁴	332	10 ⁴	329	10 ⁴	330	10 ⁴	327

Table 5
Dependence of litter biodegradation on treatment time and culture concentration *Pseudomonas putida* 90 biovar A (171)

Producing strain: water	Research time, days													
	0		5		10		15		20		25		30	
	Analyzed indicator													
	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l	TMC*, cell/g	AN**, mg/l
Without dilution with water	10 ⁴	332	10 ⁶	279	10 ⁹	207	10 ¹¹	128	10 ¹¹	132	10 ¹¹	130	10 ¹⁰	137
1:2	10 ⁴	332	10 ⁶	285	10 ⁹	202	10 ¹¹	131	10 ¹¹	130	10 ¹¹	135	10 ¹⁰	132
1:3	10 ⁴	332	10 ⁵	289	10 ⁸	210	10 ¹¹	133	10 ¹¹	135	10 ¹⁰	139	10 ¹⁰	136
1:4	10 ⁴	332	10 ⁵	297	10 ⁷	259	10 ⁹	224	10 ⁹	219	10 ⁹	218	10 ⁸	222
1:5	10 ⁴	332	10 ⁵	310	10 ⁶	288	10 ⁷	276	10 ⁷	277	10 ⁸	252	10 ⁸	250
Litter without treatment	10 ⁴	332	10 ⁴	333	10 ⁴	330	10 ⁴	332	10 ⁴	329	10 ⁴	330	10 ⁴	327

* Total microbial count. ** Ammonium nitrogen.

При анализе зависимости биоразложения помета от времени обработки и дозы микробной культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) установлено, что разница между общим микробным числом и содержанием аммонийного азота при внесении штамма в дозах 4,0; 5,0 и 10,0 % была незначительной, а максимальное и минимальное значения исследуемых показателей (ОМЧ и уровень аммонийного азота) приходилось на 15–20-е сутки эксперимента. Значимых изменений в курином помете без обработки микробной культурой по показателям ОМЧ и аммонийного азота не выявлено.

Таким образом, с учетом полученных результатов оптимальным значением внесения микробной культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) была принята доза 4,0 % от массы куриного помета, время выдержки – 15 дней.

Интересно было установить влияние концентрации вносимой протеолитической культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) в куриный помет. Для постановки эксперимента микробная культура *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) в титре не менее 10^9 КОЕ/мл и дозе 4,0 % перед внесением в куриный помет разбавлялась водой в различных соотношениях. Результаты исследований представлены в таблице 5.

Результаты зависимости биоконверсии куриного помета от времени обработки и концентрации клеток культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) показали, что значения общего микробного числа и аммонийного азота в эксперименте, где протеолитическую культуру разбавляли с водой в соотношении 1:3, не имели значительных различий по сравнению с опытными партиями, где использовали неразбавленную культуру и разведенную в соотношении 1:2 (таблица 5). Разбавление микробной культуры *Pseudomonas putida* 90 биовар А

(171) водой в 4 и 5 раз привело к снижению ОМЧ и аммонийного азота. Однако с учетом планируемой технологии применения биопрепарата, подразумевающей применение двух жидких микробных композиций, для дальнейших исследований целесообразней использовать микробную культуру *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) разведенную водой в соотношении 1:2, чтобы получить максимальный и оптимальный ожидаемый технологический результат. Также следует отметить, что наилучшее значение анализируемых показателей приходилось на 15-е сутки исследований. Помет кур, не обработанный исследуемой культурой, изменений не претерпел.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Комплекс проведенных научно-исследовательских экспериментов продемонстрировал, что коллекционный штамм *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) перспективен, обладает высокой протеолитической активностью, способен участвовать в процессе биодеструкции куриного помета, оптимальной дозой внесения подобранного штамма является 4,0 % от массы побочного продукта птицеводческой промышленности (с предварительным разведением микробной культуры водой в 2 раза), время выдержки – 15 дней. *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171) может быть рекомендована в качестве компонента при разработке биопрепарата-деструктора для ускорения процесса разложения продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственной птицы, в частности птичьего помета.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда и Организации в рамках научного проекта МФИ-П-20.1-43/20 от 07.12.2020 г.

Библиографический список

1. Ulimbashev M. B., Temmoev M. I., Konik N. V., Koshchaev A. G., Luneva A. V., Neverova O. P., Saleeva I. P. A new method of biological disposal of poultry droppings // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. V. 9. No. 1. Pp. 4953–4956. DOI: 10.35940/ijeat.A2107.109119.
2. Lysenko Yu. A., Koshchaev A. G., Luneva A. V., Omarov R. S., Shlykov S. N. Organic meat production of broiler chickens Hubbard Redbro Cross // International Journal of Veterinary Science. 2021. Vol. 10. No. 1. Pp. 25–30. DOI: 10.47278/journal.ijvs/2020.021.
3. Шантыз А. Х., Еганян Е. С., Лунева А. В., Жолобова И. С., Марченко Е. Ю., Лысенко Ю. А. Эффективность применения кормовой добавки в рационе цыплят-бройлеров при изучении ее фармакологических свойств // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 245. № 1. С. 218–223.
4. Фисинин В. И., Буяров В. С., Буяров А. В., Шуметов В. Г. Мясное птицеводство в регионах России: современное состояние и перспективы инновационного развития // Аграрная наука. 2018. № 2. С. 30–38.
5. Мартынова Е. И. РОСПТИЦЕСОЮЗ: Итоги 2020 г. подведены и новые цели обозначены // Птица и птицепродукты. 2021. № 1. С. 6–7.
6. Фисинин В. И. Мировое и российское птицеводство: реалии и вызовы будущего: монография. Москва : Хлебпродинформ, 2019. 470 с.
7. Мартынова Е. И., Мотина Н. В., Бладыко Н. А. Итоги выставки «ПРОДЭКСПО-2021» // Птица и птицепродукты. 2021. № 3. С. 5–7.
8. Ройтер Л. М., Веденкина Н. А., Еремеева И. В. Аналитические инструменты в оценке рыночного потенциала птицеводства // Птица и птицепродукты. 2021. № 4. С. 64–68.

9. Ройтер Л. М., Еремеева Н. А., Павлова И. М. Рыночный потенциал мяса птицы // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 3. С. 69–79. DOI: 10.32651/203-69.
10. Будрик В. Г., Козак С. С., Козак Ю. А. Научная деятельность ВНИИПП по обеспечению безопасности птицепродуктов // Ветеринария и кормление. 2020. № 2. С. 13–17. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-2-3.
11. Zhang L., Li L., Pan X., Shi Z., Feng X., Gong B., Li J., Wang L. Enhanced Growth and Activities of the Dominant Functional Microbiota of Chicken Manure Composts in the Presence of Maize Straw // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. Pp. 1–11. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01131.
12. Меньшенин И. А. Повысить эффективность утилизации отходов птицеводства – это вполне реально // Птица и птицепродукты. 2019. № 2. С. 34–37. DOI: 10.30975/2073-4999-2019-21-2-34-37.
13. Gorliczay E., Boczonádi I., Kiss N. É., Tóth F. A., Pabar S. A., Biró B., Kovács L. R., Tamás J. Microbiological Effectivity Evaluation of New Poultry Farming Organic Waste Recycling // *Agriculture*. 2021. Vol. 11. Pp. 1–21. DOI: 10.3390/agriculture11070683.
14. Акопян А. Г., Зазыкина Л. А. Обзор рынка биоудобрений животного происхождения // Птицеводство. 2021. № 7–8. С. 60–63. DOI: 10.33845/0033-3239-2021-70-7-8-60-63
15. Петенко А. И., Жолобова И. С., Горковенко Н. Е., Гнеуш А. Н., Антипова Д. В. Микробные ассоциации биогумуса и гуминовых веществ, полученных на основе отходов животноводства // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 157. С. 27–42.
16. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии. Москва: Изд-во Сельхозлитературы, 1963. 592 с.

Об авторах:

Альбина Владимировна Лунева¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры паразитологии, ветсанэкспертизы и зоогигиены, ORCID 0000-0002-4863-3590, AuthorID 668708; +7 918 417-21-38, albina.luneva@mail.ru

¹ Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Screening of microorganisms which are able to accelerate the process of microbial transformation of bird droppings

A. V. Luneva¹✉

¹ Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

✉E-mail: albina.luneva@mail.ru

Abstract. The purpose of the research. Screening of collection strains of microorganisms with enzymatic properties to accelerate the processes of microbial biodegradation of bird droppings. Research methods. The proteolytic activity of the grown cultures was studied according to GOST 20264.2-88, the total microbial number in the chicken droppings (CFU/ml) was analyzed, and the ammonium nitrogen was determined. Research results. As a result of the experiments, it was found that the highest proteolytic activity was demonstrated by the strain *Pseudomonas putida* 90 biovar A (171), which amounted to 74.6 units/g. When analyzing the effect of the studied collection strains on the decomposition processes of droppings, it was revealed that the largest number of microbial cells in bird droppings was achieved using *Pseudomonas putida* 90 biovar A (171), which was 104 CFU/ml at the beginning of the researches, and was the maximum and amounted to 1011 CFU/ml by the 15th day. The content of ammonium nitrogen in droppings treated with this culture decreased from 340 mg/l from the beginning of the experiment to 174 (15th day) and 169 mg/l (20th day) and it was the best indicator. When selecting the dose and concentration of the strain-producer *Pseudomonas putida* 90 biovar A (171) under introduction to bird droppings, it was found that to accelerate the process of biodegradation of bird droppings, the optimal dose for applying the studied culture is 4.0 % of organic waste mass with preliminary dilution by 2 times with water. At the same time, the optimal time of droppings keeping and the studied culture is 15 days. Scientific novelty. It was established for the first time that the treatment of chicken manure with the collection strain *Pseudomonas putida* 90 biovar A (171) accelerates the process of its microbial transformation.

Keywords: selection, collection microorganisms, *Pseudomonas*, *Bacillus*, proteolytic activity, chicken droppings, ratio, biodegradation, ammonium nitrogen, total microbial count, processing time, application dose.

For citation: Luneva A. V. Screening mikroorganizmov, sposobnykh uskoryat' protsess mikrobnoy transformatsii ptich'ego pometa [Screening of microorganisms which are able to accelerate the process of microbial transformation of bird droppings] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 50–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-50-58. (In Russian.)

Date of paper submission: 26.08.2021, **date of review:** 25.10.2021, **date of acceptance:** 12.11.2021.

References

1. Ulimbashev M. B., Temmoev M. I., Konik N. V., Koshchaev A. G., Luneva A. V., Neverova O. P., Saleeva I. P. A new method of biological disposal of poultry droppings // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Vol. 9. No. 1. Pp. 4953–Lysenko Yu. A., Koshchaev A. G., Luneva A. V., Omarov R. S., Shlykov S. N. Organic meat production of broiler chickens Hubbard Redbro Cross // International Journal of Veterinary Science. 2021. Vol. 10. No. 1. Pp. 25–Shantyz A. Kh., Eganyan E. S., Luneva A. V., Zholobova I. S., Marchenko E. Yu., Lysenko Yu. A. Effektivnost' primeneniya kormovoy dobavki v ratsione tsyplyat-broylerov pri izuchenii ee farmakologicheskikh svoystv [The effectiveness of the use of a feed additive in the diet of broiler chickens in the study of its pharmacological properties] // Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2021. T. 245. No. 1. Pp. 218–223 (In Russian.)
2. Fisinin V. I., Buyarov V. S., Buyarov A. V., Shumetov V. G. Myasnoe ptitsevodstvo v regionakh Rossii: sovremennoe sostoyanie i perspektivy innovatsionnogo razvitiya [Meat poultry farming in the regions of Russia: current state and prospects of innovative development] // Agrarian science. 2018. No. 2. Pp. 30–38. (In Russian.)
3. Martynova E. I. ROSPTITSESOYUZ: Itogi 2020 g. podvedeny i novye tseli oboznacheny [ROSPTITSESOYUZ: Results of 2020 summed up and new goals set] // Poultry and Chicken Products. 2021. No. 1. Pp. 6–7. (In Russian.)
4. Fisinin V. I. Mirovye i rossiyskoe ptitsevodstvo: realii i vyzovy budushchego: monografiya [World and Russian poultry farming: realities and challenges of the future: monograph]. Moscow: Khlebprominform, 2019. 470 p. (In Russian.)
5. Martynova E. I., Motina N. V., Bladyko N. A. Itogi vystavki "PRODEKSPO-2021" [Results of the exhibition "PRODEXPO-2021"] // Poultry and Chicken Products. 2021. No. 3. Pp. 5–7. (In Russian.)
6. Royter L. M., Vedenkina N. A., Ereemeeva I. V. Analiticheskie instrumenty v otsenke rynochnogo potentsiala ptitsevodstva [Analytical tools in assessing the market potential of poultry farming] // Poultry and Chicken Products. 2021. No. 4. Pp. 64–68. (In Russian.)
7. Royter L. M., Ereemeeva N. A., Pavlova I. M. Rynochnyy potentsial myasa ptitsy [Market potential of poultry meat] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2020. No. 3. Pp. 69–79. DOI: 10.32651/203-69. (In Russian.)
8. Budrik V. G., Kozak S. S., Kozak Yu. A. Nauchnaya deyatel'nost' VNIIPP po obespecheniyu bezopasnosti ptitseproduktov [Scientific activity of VNIIPP to ensure the safety of poultry products] // Veterinaria i kormlenie. 2020. No. 2. Pp. 13–17. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-2-3. (In Russian.)
9. Zhang L., Li L., Pan X., Shi Z., Feng X., Gong B., Li J., Wang L. Enhanced Growth and Activities of the Dominant Functional Microbiota of Chicken Manure Composts in the Presence of Maize Straw // Frontiers in Microbiology. 2018. Vol. 9. Pp. 1–11. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01131.
10. Men'shenin I. A. Povyisit' effektivnost' utilizatsii otkhodov ptitsevodstva – eto vpolne real'no [To increase the efficiency of utilization of poultry waste -Gorliczay E., Boczonádi I., Kiss N. É., Tóth F. A., Pabar S. A., Biró B., Kovács L. R., Tamás J. Microbiological Effectivity Evaluation of New Poultry Farming Organic Waste Recycling // Agriculture. 2021. Vol. 11. Pp. 1–21. DOI: 10.3390/agriculture11070683.
11. Akopyan A. G., Zazykina L. A. Obzor rynka bioudobreniy zhiivotnogo proiskhozhdeniya [Review of the market for biofertilizers of animal origin] // Ptitsevodstvo. 2021. No. 7–8. Pp. 60–63. DOI: 10.33845/0033-3239-2021-70-7-8-60-63. (In Russian.)
12. Petenko A. I., Zholobova I. S., Gorkovenko N. E., Gneush A. N., Antipova D. V. Mikrobnye assotsiatsii biogumusa i guminovykh veshchestv, poluchennykh na osnove otkhodov zhiivotnovodstva [Microbial associations of biohumus and humic substances obtained from animal waste] // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2020. No. 157. Pp. 27–42. (In Russian.)
13. Peterburgskiy A. V. Praktikum po agronomicheskoy khimii [Workshop on agronomic chemistry]. Moscow: Izdvo Sel'khozliteratury, 1963. 592 p. (In Russian.)

Authors' information:

Albina V. Luneva¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of parasitology, veterinary sanitary expertise and zoohygiene, ORCID 0000-0002-4863-3590, AuthorID 668708; +7 918 417-21-38, albina.luneva@mail.ru

¹ Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Сортовые особенности фотосинтетической активности овса посевного Тюменской селекции при внесении минеральных удобрений

А. В. Любимова¹, Д. И. Еремин¹✉

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия

✉ E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Аннотация. Цель – изучение сортовых особенностей фотосинтетической эффективности овса при внесении удобрений в условиях Западной Сибири. **Методы.** Исследования проводили на опытном поле, расположенном в северной лесостепи Зауралья. Определяли фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза методом Ничипоровича. **Результаты.** Был изучен характер формирования ассимиляционной поверхности и накопления биомассы сортов овса Отрада, Талисман и Фома при различном уровне минерального питания. Рассчитаны фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза. Определена доля влияния погодных условий, агрофона и сорта на изучаемые показатели. Сорт Фома характеризовался максимальной облиственностью по сравнению с Талисманом и Отрадой. На естественном агрофоне его ассимиляционная поверхность в фазу выметывания достигала $36,0 \pm 5,5$ тыс. м², у Отрады и Талисмана – 28,1 и 24,0 тыс. м² на 1 га посева. Выявлена очень сильная вариабельность площади листовой поверхности у Отрады ($C_v = 24\%$). Применение минеральных удобрений усиливает развитие листового аппарата на 44–50 % и вызывает конкуренцию между растениями овса. Выявлена тесная положительная корреляция между площадью листьев в фазу выметывания и урожайностью ($r = 0,72$). На площадь ассимиляционной поверхности овса влияют погодные условия (37 %); уровень питания (30 %) и сорт (25 %). Установлено, что сорта Отрада и Фома имеют одинаковую динамику накопления и к фазе выметывания формируют максимальную фотосинтезирующую биомассу. Характер накопления биомассы на 39 % зависит от погодных условий; на 29 % – от минеральных удобрений и на 17 % – от генотипа сорта. Продуктивность изучаемых сортов формируется за счет увеличения ассимиляционной поверхности, а не повышения эффективности фотосинтеза. **Научная новизна.** Впервые был определен фотосинтетический потенциал и выявлена эффективность чистой продуктивности фотосинтеза сортов овса посевного Тюменской селекции. Установлена доля влияния различных факторов в формировании урожая овса посевного в условиях Северного Зауралья.

Ключевые слова: биохимия и физиология овса, фотосинтетический потенциал, отзывчивость на минеральные удобрения, Фома, Отрада, чистая продуктивность фотосинтеза, поглощение диоксида углерода, генетическое разнообразие.

Для цитирования: Любимова А. В., Еремин Д. И. Сортовые особенности фотосинтетической активности овса посевного Тюменской селекции при внесении минеральных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 59–76. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-59-76.

Дата поступления статьи: 28.10.2021, **дата рецензирования:** 08.11.2021, **дата принятия:** 12.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Все растения на планете объединяет общий биохимический процесс превращения солнечной энергии в химическую, которая многократно покрывает расходы на дыхание и создает материальную базу для их роста и развития. По подсчетам ученых, 90–95 % сухой массы растения образуется в процессе фотосинтеза за счет поглощения диоксида углерода из атмосферы [1, с. 155], [2, с. 930], [3, с. 1338]. Эффективность фотосинтеза зависит от многих факторов, и нельзя особо выделить какой-либо из них. В одних и тех же условиях разные виды растений с различной

эффективностью поглощают солнечную энергию и перерабатывают углекислый газ в органические вещества [4, с. 135], [5, с. 61].

Овес посевной – растение умеренного климата. Он значительно лучше переносит пониженную температуру на начальных этапах развития и в период созревания, чем кукуруза, пшеница и ячмень [6, с. 30], [7, с. 14]. Для эффективного поглощения фотосинтетической активной радиации (ФАР) овес формирует мощный листовой аппарат, за счет которого способен дать урожай, не уступающий другим зерновым культурам, но при меньшей солнечной инсоляции

[8, с. 128], [9, с. 1185], [10, с. 90]. Максимальная продуктивность овса требует сбалансированной системы минерального питания и правильно подобранной технологии возделывания [11, с. 35], [12, с. 37], [13, с. 172]. Также важна густота стояния, от которой зависит эффективность работы листового аппарата [14, с. 191].

Создание современных сортов интенсивного типа подразумевает быструю реакцию растений на изменение уровня минерального питания, в том числе увеличение площади листовой поверхности и срок ее эффективного фотосинтеза. В настоящее время такие сорта имеют важный аспект – максимально возможное поглощение диоксида углерода из атмосферы и перевод его в полезные органические вещества [15, с. 112]. Поэтому перед селекционерами ставятся новые задачи, решение которых позволит человечеству избежать глобальных проблем экологического характера в будущем.

Целью наших исследований было изучение эффективности фотосинтеза сортов овса посевного на различных уровнях минерального питания в условиях Северного Зауралья.

Методология и методы исследования (Methods)

Полевые опыты с сортами овса посевного Тюменской селекции проведены на опытном поле НИИСХ Северного Зауралья – филиале ТюмНЦ СО РАН в период с 2018 по 2020 гг. Почва темно-серая лесная, тяжелосуглинистая. Мощность пахотного слоя – 25–27 см, содержание гумуса в слое – 0–20 см 4,5 %; обменная кислотность – 5,6–5,8 ед. Сумма поглощенных оснований – 25 ммоль (экв) / 100 г почвы. Система основной обработки – отвальная. Севооборот: пар занятый (горохо-овсяная смесь) – яровая пшеница – овес посевной. Весной проводили общепринятую предпосевную обработку и посев сеялкой СЗП-3,6 [16, с. 87]. Удобрения вносили согласно схеме опыта. Обработка гербицидами общим фоном.

В опыте изучали следующие сорта: Отрада – создан методом гибридизации сортов (WW 170079 × Рс 39) × (Mutica 600 × Risto) с последующим индивидуальным отбором в F_4 . В 2013 г. сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений по Тюменской области. Фома – гибридизация сортов (WW 170079 × Рс 39) × (Mutica 600 × Risto) с последующим индивидуальным отбором, сибс. Включен в Государственный реестр в 2014 г. Талисман был создан методом индивидуального отбора из гибридной комбинации Flamingsnova (к-13401) × Метис. Включен в Государственный реестр в 2002 г.

Сорта овса высевали на следующих агрофонах:

1. Естественный, удобрения не вносили.
2. Средний, доза удобрений $N_{40}P_{10}$ кг/га, обеспечивающая получение планируемой урожайности 3,0 т/га зерна.
3. Повышенный, $N_{60}P_{40}$ – на планируемую урожайность 4,0 т/га.
4. Высокий ($N_{80}P_{60}$) – на планируемую урожайность 5,0 т/га.

Дозы рассчитывали методом элементарного баланса с учетом фактических запасов питательных

веществ в почве в весенний период. Внесение удобрений проводили под предпосевную культивацию сеялкой СКП-2,1 на глубину 10–15 см. В опыте применяли сложные удобрения.

Для определения площади листовой поверхности и биомассы проводили отбор растительных образцов на каждой делянке с площади 0,25 м² в 8-кратной повторности при наступлении следующих фенологических фаз развития овса посевного: кущение; выход в трубку, выметывание и молочная спелость.

Площадь листовой поверхности рассчитывали по формуле:

$$S_n = a \times b \times 0,67, (1)$$

где a – наибольшая ширина листа, м;

b – длина листа, м;

0,67 – коэффициент конфигурации листа.

Фотосинтетический потенциал (ФП):

$$ФП = \frac{L_1 + L_2}{1000} \times T, (2)$$

где: L_1 и L_2 – площадь листовой поверхности в определяемые стадии развития, тыс. м²/га;

T – длительность межфазного периода, суток;

1000 – коэффициент перевода.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ)

$$ЧПФ = \frac{(B_1 - B_2) \times 100}{0,5 \times (L_1 + L_2) \times T}, (3)$$

где B_1 и B_2 – сухая биомасса овса в изучаемые стадии развития, ц/га;

100 – коэффициент перевода.

Статистическую обработку результатов вели в Microsoft Excel с надстройкой AgCStat [17, с. 564].

Результаты (Results)

Май 2018 года характеризовался обильными осадками при незначительном дефиците тепла. Это положительно сказалось на появлении всходов изучаемых сортов овса. В июне выпало 58 мм осадков, что составило 92 % от среднееголетних значений (таблица 1). Температура воздуха в этот месяц была на 1,5 °C ниже нормы. Хорошие запасы продуктивной влаги, сформировавшиеся в мае, и умеренно теплая погода июня благоприятно отразились на процессе кущения и наборе вегетативной массы овса на всех вариантах. Средняя температура воздуха в июле составила 21,3 °C при норме 18,0 °C, что соответствовало умеренно жаркой погоде. В этом месяце выпало всего 61 % осадков от среднееголетних значений. Негативного влияния погодных условий в июле на рост и развитие овса отмечено не было – почва в корнеобитаемой зоне характеризовалась средней степенью увлажнения. Налив и созревание овса в 2018 году проходили при умеренно теплой погоде с обильными дождями.

Погодные условия 2019 года отличались от таковых 2018 года, который в целом можно было охарактеризовать как влажный. Количество осадков, близкое со среднееголетним значениям, было только в мае – 40 мм. В летние месяцы превышение составило 21–29 %, что обуславливало отсутствие дефицита

воды на протяжении всей вегетации овса. Температура воздуха в мае была на 2,4 °C выше нормы, что обеспечило быстрый прогрев пахотного слоя и дружные всходы овса. В июне был отмечен незначительный недобор тепла – средняя температура воздуха была равна 14,6 °C при норме 16 °C. Июль был менее теплым по сравнению с 2018 годом, но обильные осадки (81 мм) стали причиной высокой влажности воздуха в посевах овса. Это создало благоприятные условия для развития листовых болезней, особенно на нижних ярусах растений. Схожие погодные условия были и в августе.

Третий год исследований (2020) выделялся жаркой погодой в мае. Средняя температура воздуха была на 7,9 градуса выше нормы. Посев овса (третья декада мая) проводили при среднедекадной температуре 26,1 °C, что на 45 % выше нормы. Однако обильные осадки в первой и второй декадах мая обеспечили хорошее увлажнение пахотного слоя и стимулировали появление всходов зерновых культур.

Кущение овса, которое в лесостепи Зауралья обычно приходится на первую декаду июня, проходило в условиях жаркой погоды: среднедекадная температура составила 21,1 °C при норме 13,5 градуса. В этот период рядки овса не успели сомкнуться, что привело к сильному физическому испарению почвенной влаги из пахотного слоя. Этому способствовали сильные ветра. В июле установилась сухая и жаркая погода. За месяц выпало 19 мм осадков, что составило 23 % от среднемноголетних значений.

Сильные ветра усиливали потерю влаги из почвы, чем вызвали появление признаков засухи. В этом месяце отмечались потеря тургора листьев и признаки их увядания в дневное время. Налив и созревание зерна проходили при повышенной температуре, которая в среднем за август составила 20,6 °C при норме 14,9 градуса и умеренном увлажнении. За август выпало 54 мм осадков, что соответствовало 93 % нормы. Сложившиеся погодные условия июля и августа привели к ухудшению влагообеспеченности посевов и негативно отразились на формировании урожая овса.

Важным показателем потенциальной продуктивности сортов зерновых культур является площадь листовой поверхности, которая достаточно долго сохраняется в активном состоянии. Площадь ассимиляционной поверхности растений зависит как от генетического потенциала, так и от условий произрастания. Поэтому для формирования мощной облиственности зерновых культур необходим системный подход, основанный на знаниях биохимии, физиологии, генетики и агрохимии. Только в этом случае фактическая урожайность будет стремиться к потенциальной продуктивности сорта.

Результаты исследований показали, что площадь листьев изучаемых сортов овса варьировала в широком диапазоне в зависимости от этапов онтогенеза и уровня минерального питания (таблица 2).

Таблица 1
Погодные условия периода вегетации 2018–2020 гг.
(Тюменский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды)

Годы	Осадки, мм				% от среднемноголетних			
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август
2018	82	58	51	112	216	92	61	193
2019	40	81	102	70	105	129	121	121
2020	51	66	19	54	133	105	23	93
Средняя температура, °C					± к норме			
2018	7,9	14,4	21,3	15,5	–2,7	–1,5	3,3	0,6
2019	13,0	14,6	20,4	15,7	2,4	–1,4	2,4	0,8
2020	18,5	18,1	26,1	20,6	7,9	2,1	8,1	5,7

Table 1
Weather conditions of the growing season 2018–2020
(Tyumen Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring)

Years	Precipitation, mm				% of average years			
	May	June	July	August	May	June	July	August
2018	82	58	51	112	216	92	61	193
2019	40	81	102	70	105	129	121	121
2020	51	66	19	54	133	105	23	93
Average temperature, °C					± back to normal			
2018	7.9	14.4	21.3	15.5	–2.7	–1.5	3.3	0.6
2019	13.0	14.6	20.4	15.7	2.4	–1.4	2.4	0.8
2020	18.5	18.1	26.1	20.6	7.9	2.1	8.1	5.7

Таблица 2
Влияние минеральных удобрений на ассимиляционную поверхность овса посевного, тыс. м²/га (2018–2020 гг.)

Сорт	Уровень агрофона*	Фазы развития овса посевного							
		Кушение		Выход в трубку		Выметывание		Молочная спелость	
		$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %
Отрада	1	6,8 ± 1,1	17	22,4 ± 4,1	18	28,1 ± 6,9	24	13,0 ± 3,9	30
	2	6,6 ± 1,0	14	23,1 ± 4,4	19	28,8 ± 8,7	30	14,5 ± 4,6	32
	3	7,0 ± 1,1	16	27,9 ± 6,3	22	36,0 ± 10,1	28	17,8 ± 6,2	35
	4	7,8 ± 1,0	12	31,9 ± 6,7	21	43,5 ± 12,1	28	23,0 ± 9,8	43
Талисман	1	6,9 ± 1,2	17	21,0 ± 4,8	23	24,0 ± 5,0	21	14,6 ± 4,0	27
	2	6,6 ± 1,0	15	21,0 ± 3,4	16	25,7 ± 6,6	26	13,0 ± 4,9	38
	3	7,0 ± 1,1	16	23,9 ± 3,7	15	32,7 ± 6,3	19	15,8 ± 4,1	26
	4	7,7 ± 1,0	13	29,3 ± 5,1	18	38,2 ± 8,4	22	21,9 ± 10,6	48
Фома	1	7,6 ± 0,8	11	26,3 ± 4,8	18	36,0 ± 5,5	15	21,1 ± 4,0	19
	2	7,8 ± 0,7	9	26,9 ± 3,4	13	37,0 ± 5,6	15	21,6 ± 6,2	29
	3	8,4 ± 1,3	16	35,1 ± 7,7	22	50,8 ± 10,5	21	37,0 ± 12,9	35
	4	8,6 ± 1,4	16	40,0 ± 3,7	9	51,9 ± 6,6	13	41,0 ± 10,4	25

* 1 – естественный (без удобрений); 2 – средний ($N_{40}P_{10}$); 3 – повышенный ($N_{60}P_{40}$); 4 – высокий ($N_{80}P_{60}$).

Table 2
The effect of mineral fertilizers on the assimilation surface of oats, thousand m²/ha (2018–2020)

Variety	Agrophone level*	Phases of development of oats							
		Tillering		Stem elongation		Ear formation		Milky ripeness	
		$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %
Otrada	1	6.8 ± 1.1	17	22.4 ± 4.1	18	28.1 ± 6.9	24	13.0 ± 3.9	30
	2	6.6 ± 1.0	14	23.1 ± 4.4	19	28.8 ± 8.7	30	14.5 ± 4.6	32
	3	7.0 ± 1.1	16	27.9 ± 6.3	22	36.0 ± 10.1	28	17.8 ± 6.2	35
	4	7.8 ± 1.0	12	31.9 ± 6.7	21	43.5 ± 12.1	28	23.0 ± 9.8	43
Talisman	1	6.9 ± 1.2	17	21.0 ± 4.8	23	24.0 ± 5.0	21	14.6 ± 4.0	27
	2	6.6 ± 1.0	15	21.0 ± 3.4	16	25.7 ± 6.6	26	13.0 ± 4.9	38
	3	7.0 ± 1.1	16	23.9 ± 3.7	15	32.7 ± 6.3	19	15.8 ± 4.1	26
	4	7.7 ± 1.0	13	29.3 ± 5.1	18	38.2 ± 8.4	22	21.9 ± 10.6	48
Foma	1	7.6 ± 0.8	11	26.3 ± 4.8	18	36.0 ± 5.5	15	21.1 ± 4.0	19
	2	7.8 ± 0.7	9	26.9 ± 3.4	13	37.0 ± 5.6	15	21.6 ± 6.2	29
	3	8.4 ± 1.3	16	35.1 ± 7.7	22	50.8 ± 10.5	21	37.0 ± 12.9	35
	4	8.6 ± 1.4	16	40.0 ± 3.7	9	51.9 ± 6.6	13	41.0 ± 10.4	25

* 1 – natural (without fertilizers); 2 – medium ($N_{40}P_{10}$); 3 – elevated ($N_{60}P_{40}$); 4 – high ($N_{80}P_{60}$).

На естественном агрофоне во время кушения площадь ассимиляционной поверхности овса варьировала по сортам и вариантам с удобрениями в пределах от 6,6 до 8,6 тыс. м² на гектар. Сорта Отрада и Талисман не отличались друг от друга. Выделился только сорт Фома, площадь листьев которого на естественном агрофоне составила 7,6 ± 0,8 тыс. м², тогда как у Отрады было на 12 % меньше. Внесение удобрений для создания среднего ($N_{40}P_{10}$) и повышенного ($N_{60}P_{40}$) уровня агрофона не оказало достоверного влияния на ассимиляционную площадь листьев изучаемых сортов. И лишь на варианте с высоким уровнем минерального питания ($N_{80}P_{60}$) площадь листовой поверхности в кушение овса достоверно увеличилась до 8,6 ± 1,4 тыс. м² на 1 га.

Анализ коэффициента вариации показал, что в период кушения площадь листьев на контроле у сортов Отрада и Талисман имела среднюю степень изменчивости (Cv = 17 %), сорт Фома находился в той же категории, но имел меньший коэффициент варьирования – 11 %. Внесение удобрений уменьшило вариабельность площади листовой поверхности Отрады и Талисмана до 12–16 %. Сорт Фома отличался тем, что на варианте с внесением удобрений в дозе $N_{40}P_{10}$ кг/га Cv уменьшился до 9 %, но при дальнейшем повышении уровня минерального питания произошло резкое увеличение неоднородности посевов по площади ассимиляционной поверхности. Выявленные особенности указывают на то, что уже в период кушения овес имеет относительно высокую степень проявления

конкурентной борьбы в агрофитоценозе, вызванной, по нашему мнению, особенностями посева в рядки с междурядьем 15 см.

Также был проведен трехфакторный дисперсионный анализ площади листовой поверхности сортов овса в период кущения на разных фонах минерального питания. Было установлено достоверное влияние ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$) сорта (фактор А); агрофона (фактор В) и погодных условий вегетационного периода (фактор С). Ассимиляционная поверхность листьев овса в период кущения на 45 % зависела от погодных условий вегетационного периода; на 11 % – от минеральных удобрений. На долю генетических особенностей сорта приходилось 16 %. Взаимодействие источников вариации (АВ; ВС и АВС) было достоверным, но сила их влияния не достигала 5 %, а совокупное действие факторов А и С статистически не доказано ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$).

С кущения до выхода в трубку ассимиляционная поверхность овса увеличивается в 3–5 раз в зависимости от сорта и уровня минерального питания. На естественном агрофоне площадь листовой поверхности Отрады и Талисмана была равна $22,4 \pm 4,1$ и $21,0 \pm 4,8$ тыс. м² на 1 га соответственно. Сорт Фома характеризовался более высокими показателями ($26,3 \pm 4,8$ тыс. м²), но и он не достигал до оптимальной площади листьев, обеспечивающей высокую урожайность. Внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{10}$ кг/га не оказало достоверного влияния – отклонения были в пределах ошибки опыта. Дальнейшее повышение уровня минерального питания благоприятно сказалось на наборе вегетативной массы овса – площадь листовой поверхности на варианте с дозой $N_{60}P_{40}$ кг/га у Отрады увеличилась до $27,9 \pm 6,3$ тыс. м² на гектар, что было на уровне сорта Фомы. Генетический потенциал сортов овса проявился на варианте с максимальной насыщенностью удобрениями. У Отрады площадь листьев в фазу выхода в трубку составила $31,9 \pm 6,7$; Талисмана – $29,3 \pm 5,1$; Фомы – $40,0 \pm 3,7$ тыс. м² на 1 га. Исходя из этого можно сделать вывод, что сорт Фома имеет более высокие шансы реализовать свою потенциальную продуктивность на высоком агрофоне.

Анализ вариабельности площади листовой поверхности в фазу выхода в трубку показал усиление конкурентной борьбы в посевах овса, которая усиливается с увеличением уровня минерального питания. Коэффициент вариации на контроле (без удобрений) у сорта Отрада составил 18 %, что соответствовало средней степени изменчивости, тогда как на вариантах с повышенным и высоким агрофонами вариабельность возросла до 22 %. Аналогичная ситуация проявляется у сорта Фомы. Необходимо обратить внимание на резкое снижение коэффициента вариации (9 %) на варианте с внесением $N_{80}P_{60}$ кг/га. Столь сильное снижение степени изменчивости обусловлено частичной гибелью отдельных растений вследствие конкурентной борьбы и нарастанием более мощной листовой поверхности выживших экземпля-

ров – площадь листовой поверхности на этом варианте была максимальной – $40,0 \pm 3,7$ тыс. м² на 1 га. Установленный факт указывает на то, что для сортов овса Отрада и Фома на полях с высоким агрофоном (планируемая урожайность более 5,0 т/га) требуется изменить схему посева или норму высева.

В ходе трехфакторного дисперсионного анализа было установлено, что степень влияния погодных условий вегетации на площадь листовой поверхности к фазе выметывания уменьшилась до 28 %. Доля других факторов (сорт и удобрения) выросла до 24 и 33 % соответственно. Показатель степени влияния взаимодействия факторов также оставался незначительным и не превышал 3 %.

Максимальная площадь листовой поверхности овса, как отмечают исследователи из Белоруссии, формируется к фазе флагового листа и начинает постепенно уменьшаться за счет отмирания листьев нижних ярусов [13, с. 172]. В условиях Западной Сибири максимум нарастания листьев овса и других зерновых культур определяется фазой выметывания [5, с. 60], [14, с. 190].

Как показали наши исследования, максимальная степень облиственности овса посевного была отмечена в фазу выметывания. На контроле ассимиляционная поверхность составила у Отрады $28,1 \pm 6,9$; у Талисмана – $24,0 \pm 5,0$ тыс. м² на гектар посева. Сорт Фома выделялся более высокими значениями – $36,0 \pm 5,5$ тыс. м², что указывает на сортовую особенность. Влияния $N_{40}P_{10}$ на площадь листьев к фазе выметывания также обнаружено не было – отклонения были в пределах ошибки опыта. На повышенном ($N_{60}P_{40}$) и высоком ($N_{80}P_{60}$) агрофонах у сорта Фома ассимиляционная поверхность посевов в 5 раз превышала площадь поля – 50,8 и 51,9 тыс. м² соответственно, что создает все физиологические условия для получения максимальных урожаев. Чуть меньше площадь листьев на высоком агрофоне была у сорта Отрада – $43,5 \pm 12,1$ тыс. м² на 1 га посева, но в отличие от сорта Фома на повышенном агрофоне облиственность была значительно ниже. Талисман выделяется среди остальных сортов тем, что на высоком агрофоне сформировал на 35 % меньше площадь листьев.

Анализ степени вариабельности показал, что к фазе выметывания посевы становятся еще более невыровненными по сравнению с предыдущей фенофазой. Минимальная вариабельность отмечена у сорта Фомы, где коэффициент вариации составил 13–21 %, что соответствовало средней степени изменчивости. У сорта Отрада была зафиксирована высокая степень варьирования – 24–30 %. Результаты трехфакторного дисперсионного анализа представлены в таблице 3.

Показатель силы влияния погодных условий на площадь ассимиляционной поверхности овса увеличился на 36,5 %. Данный факт объясняется появлением новых факторов, которые зависят от погоды – болезней листьев, развитие которых может существенно уменьшить листовую поверхность. Как показали исследования, проведенные М. Н. Моисеевой, пора-

жаемость листьев овса зависит не только от сорта, но и от уровня минерального питания – на удобренных вариантах болезни развиваются существенно сильнее [11, с. 35]. Доля влияния удобрений на формирование ассимиляционной поверхности овса составляет 29,5 %; сорта – 24,5 %. Необходимо отметить тот факт, что взаимодействия источников вариации (AB, AC, BC, ABC) хоть и достоверны ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$), но сила их влияния не превышает 2 %.

В период выметывание – налива зерна площадь листовой поверхности начинает постепенно уменьшаться по ряду причин: развитие болезней, отток из нижних ярусов питательных веществ в зерно, затенение. К моменту молочной спелости ассимиляционная поверхность уменьшается в 1,5–2,0 раза относительно фазы выметывания. Однако это нельзя назвать положительным моментом, связанным с естественным онтогенезом овса. Для формирования высоких урожаев необходима не только высокая облиственность, но и сохранение ее как можно дольше. Только в этом случае зерно на высоких агрофонах сформируется крупным и будет обладать высокой натурой [18, с. 91]. Сорт Отрада к фазе молочной спелости уменьшил ассимиляционную поверхность до 13,0–23,0 тыс. м² на гектар с максимумом на высоком агрофоне. Коэффициент вариабельности также возрос до 30–43 %, что соответствовало высокой степени изменчивости показателя. Аналогичным было изменение у сорта Талисман.

Фома отличался от предыдущих сортов тем, что на естественном и среднем агрофонах облиственность была выше, достигая 21,6 тыс. м² на гектар. При этом коэффициент вариации был равен 19 и 29 % соответственно. На повышенном и высоком агрофо-

нах площадь листовой поверхности составила $37,0 \pm 12,9$ и $41,0 \pm 10,4$ тыс. м² на 1 га, а CV – 35 и 25 % соответственно. Наши наблюдения показали, что сильное отмирание листьев на вариантах с повышенным и высоким агрофоном произошло к моменту восковой спелости овса. Однако мы не приводим эти данные, поскольку у Отрады и Талисмана к этому времени листьев, способных к фотосинтезу (зеленых), уже не было.

Биомасса растений и характер ее накопления являются одними из важнейших показателей, характеризующих их генетические особенности и отклик на внешние факторы (таблица 4). В период кущения овса посевной биомасса овса не имела существенных различий по агрофону и сортам – она варьировала в целом по опыту от 3,3 до 4,5 ц/га сухого вещества.

К фазе выхода в трубку надземная масса овса в целом увеличилась в 3–5 раз по сравнению с кущением. Уже к этой фазе стали проявляться сортовые особенности и реакция на изменение уровня минерального питания. Биомасса сорта Отрада на контроле в среднем за годы исследований была равна $11,7 \pm 1,8$ ц/га при коэффициенте вариации 16 %. Внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{10}$ кг/га стимулировало ростовые процессы – биомасса составила $12,6 \pm 2,6$ ц/га при увеличении степени изменчивости до 20 %, что соответствует средней степени вариабельности. Дальнейшее повышение уровня минерального питания обеспечило прибавку биомассы на 50 % относительно естественного агрофона. На вариантах с дозами удобрений $N_{60}P_{40}$ и $N_{80}P_{60}$ кг/га вариабельность биомассы сорта Отрада в фазу выхода в трубку увеличилась до 22 %, что соответствовало значительной степени изменчивости.

Таблица 3

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа ассимиляционной поверхности сортов овса посевного в фазу выметывания при различном уровне минерального питания

Источник вариации	Дисперсия	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$	Показатель силы влияния, %
Сорт (A)	4820	930	3,0	25
Уровень питания (B)	3871	747	2,6	30
Погодные условия (C)	7185	1386	3,0	37
Взаимодействие AB	85	16	2,1	1
Взаимодействие AC	138,6	27	2,4	1
Взаимодействие BC	107,1	21	2,1	2
Взаимодействие ABC	58,5	11	1,8	2

Table 3

Results of three-factor dispersion analysis of the assimilation surface of oat varieties in the ear formation phase at different levels of mineral nutrition

The source of variation	Variance	$F_{\text{fact.}}$	$F_{\text{theor.}}$	Indicator of the power of influence, %
Grade (A)	4820	930	3.0	25
The level of nutrition (B)	3871	747	2.6	30
Weather conditions (C)	7185	1386	3.0	37
Interaction AB	85	16	2.1	1
Interaction AC	138.6	27	2.4	1
Interaction BC	107.1	21	2.1	2
Interaction ABC	58.5	11	1.8	2

Динамика накопления биомассы овса посевного в течение вегетации, ц/га сухого вещества (без учета зерновой массы), 2018–2020 гг.

Сорт	Уровень агрофона*	Фазы развития овса посевного							
		Кущение		Выход в трубку		Выметывание		Молочная спелость	
		$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %
Отрада	1	3,9 ± 0,5	13	11,7 ± 1,8	16	23,2 ± 5,8	25	30,2 ± 7,3	24
	2	3,1 ± 0,3	11	12,6 ± 2,6	20	25,1 ± 7,5	30	37,3 ± 11,4	30
	3	3,6 ± 0,5	13	15,5 ± 3,2	21	28,0 ± 8,5	30	45,7 ± 16,9	37
	4	3,7 ± 0,5	14	17,5 ± 3,9	22	37,6 ± 12,3	33	59,4 ± 26,5	45
Талисман	1	4,2 ± 0,6	14	12,3 ± 2,2	18	18,3 ± 3,6	20	32,3 ± 6,0	19
	2	3,3 ± 0,4	13	12,7 ± 1,8	14	22,0 ± 5,9	27	31,8 ± 7,9	25
	3	3,6 ± 0,5	13	14,8 ± 2,0	14	26,2 ± 3,3	12	40,0 ± 11,6	29
	4	4,0 ± 0,5	13	18,0 ± 3,4	19	30,4 ± 8,0	26	49,0 ± 14,1	29
Фома	1	4,5 ± 0,4	9	12,7 ± 2,2	18	26,5 ± 4,2	16	37,7 ± 8,3	22
	2	3,5 ± 0,2	7	13,2 ± 1,8	13	29,1 ± 4,7	16	50,2 ± 16,4	33
	3	4,2 ± 0,5	13	17,4 ± 3,5	20	39,7 ± 9,4	24	81,6 ± 28,2	35
	4	4,0 ± 0,7	17	19,4 ± 0,9	5	40,2 ± 5,9	15	95,7 ± 36	38

* 1 – естественный (без удобрений); 2 – средний ($N_{40}P_{10}$); 3 – повышенный ($N_{60}P_{40}$); 4 – высокий ($N_{80}P_{60}$).Table 4
Dynamics of oat biomass accumulation during the growing season, c/ha of dry matter (excluding grain weight), 2018–2020

Variety	Agrophone level*	Phases of development of oats							
		Tillering		Stem elongation		Ear formation		Milky ripeness	
		$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %
Otrada	1	3.9 ± 0.5	13	11.7 ± 1.8	16	23.2 ± 5.8	25	30.2 ± 7.3	24
	2	3.1 ± 0.3	11	12.6 ± 2.6	20	25.1 ± 7.5	30	37.3 ± 11.4	30
	3	3.6 ± 0.5	13	15.5 ± 3.2	21	28.0 ± 8.5	30	45.7 ± 16.9	37
	4	3.7 ± 0.5	14	17.5 ± 3.9	22	37.6 ± 12.3	33	59.4 ± 26.5	45
Talisman	1	4.2 ± 0.6	14	12.3 ± 2.2	18	18.3 ± 3.6	20	32.3 ± 6.0	19
	2	3.3 ± 0.4	13	12.7 ± 1.8	14	22.0 ± 5.9	27	31.8 ± 7.9	25
	3	3.6 ± 0.5	13	14.8 ± 2.0	14	26.2 ± 3.3	12	40.0 ± 11.6	29
	4	4.0 ± 0.5	13	18.0 ± 3.4	19	30.4 ± 8.0	26	49.0 ± 14.1	29
Foma	1	4.5 ± 0.4	9	12.7 ± 2.2	18	26.5 ± 4.2	16	37.7 ± 8.3	22
	2	3.5 ± 0.2	7	13.2 ± 1.8	13	29.1 ± 4.7	16	50.2 ± 16.4	33
	3	4.2 ± 0.5	13	17.4 ± 3.5	20	39.7 ± 9.4	24	81.6 ± 28.2	35
	4	4.0 ± 0.7	17	19.4 ± 0.9	5	40.2 ± 5.9	15	95.7 ± 36	38

* 1 – natural (without fertilizers); 2 – medium ($N_{40}P_{10}$); 3 – elevated ($N_{60}P_{40}$); 4 – high ($N_{80}P_{60}$).

Биомасса сорта Талисман на контроле и при внесении удобрений в дозах $N_{40}P_{10}$ $N_{60}P_{40}$ была сопоставима с Отрадой. На максимальном агрофоне его надземная масса достигла $18,0 \pm 3,4$ ц/га при среднем уровне вариативности. Данный факт указывает на меньшее проявление внутрисортовой конкуренции при высокой насыщенности удобрениями. Сорт Фома в фазу выхода в трубку не имел существенных отличий от Талисмана.

Межфазный период «выход в трубку – выметывание» характеризуется тем, что на фоне развития метелки начинают отмирать нижние листья овса. Минимальная биомасса в фазу выметывания на естественном агрофоне была у сорта Талисман $18,3 \pm 3,6$ ц/га, чуть выше – у сорта Отрада ($23,2 \pm 5,8$ ц/га).

Сорт Фома выделялся не только максимальной надземной массой, но и минимальным проявлением конкурентной борьбы внутри посева – коэффициент варьирования составил 16 %. Внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{10}$ кг/га, что соответствует среднему уровню агрофона, выразилось в прибавке сухого вещества на 8, 20 и 10 % относительно контроля. Максимальная отзывчивость была у сорта Талисман. Средний агрофон усилил конкуренцию за надземное пространство у сортов Отрада и Талисман – вариативность биомассы составила 30 и 27 % соответственно. У сорта Фома конкурентная борьба в фазу выметывания проявлялась не столь выражено – коэффициент вариации оставался на прежнем уровне. На вариантах с повышенным и высоким агрофоном биомасса этого сорта

оказалась максимальной – $40,2 \pm 5,9$ ц/га. Высокая степень проявления конкуренции между растениями, выражаемая коэффициентом вариации биомассы, оказалась только на повышенном агрофоне. При внесении удобрений в дозе $N_{80}P_{60}$ кг/га масса надземной части овса в фазу выметывания оставалась неизменной при существенном снижении коэффициента вариации с 24 до 15 %.

В фазу молочной спелости биомасса овса, как и у остальных зерновых культур, достигает максимальных значений главным образом за счет формирующего урожая. Роста вегетативной массы в период созревания уже не отмечается, а листовой аппарат постепенно отмирает [19, с. 34]. Фотосинтез продолжал осуществляться за счет жизнеспособного флагового листа. В период созревания становится очевидным эффект сортовой отзывчивости овса на минеральные удобрения. Биомасса сорта Отрада на естественном агрофоне составила $30,2 \pm 7,3$ ц/га. Талисман не отличался от Отрады, но было отмечено, что на том же агрофоне Фома формировал $37,7 \pm 8,3$ ц/га, что достоверно выше. Внесение возрастающих доз удобрений постепенно увеличивало биомассу, которая на высоком агрофоне достигла максимальных значений: у Отрады – $59,4 \pm 26,5$; у Талисмана – $49,0 \pm 14,1$; Фомы – $95,7 \pm 36$ ц/га. Необходимо отметить увеличение стандартного отклонения и, соответственно, коэффициента вариации с повышением уровня минерального питания, что указывает на высокую внутрисортовую конкуренцию между растениями овса. Данный факт является обоснованием неэффективности применяемого в современном земледелии рядового посева с междурядьем 15 см на высоком агро-

фоне. По нашему мнению, при внесении удобрений на планируемую урожайность свыше 4,0 т/га зерна овса рекомендуется перекрестный (или разбросной) способ посева, эффективность которого доказана В. Г. Колесниковой [20, с. 121].

Дисперсионный анализ показал, что наиболее существенным фактором, влияющим на биомассу овса в фазу выметывания, являются погодные условия вегетации – показатель силы влияния составляет 39 % при $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ (таблица 5). В меньшей степени влияние на биомассу оказывают минеральные удобрения, на долю которых приходится 26 %. На долю сорта приходится 17 % показателя силы влияния. Расчетные данные взаимодействия источников вариации минимальны, но математически достоверны ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$).

Фотосинтетический потенциал (ФП) определяет продолжительность эффективной работы листового аппарата растений. Данный показатель имеет широкий спектр применения, начиная от планирования посевных работ и заканчивая системой удобрений. ФП зависит от генетических особенностей культуры или сорта, а также от внешних факторов, таких как погодные условия вегетации или уровень минерального питания.

Наши расчеты показали, что продолжительность эффективной работы листового аппарата изучаемых сортов овса неодинакова по фазам его развития. В период кущения – выхода в трубку фотосинтетический потенциал Отрады не зависел от уровня минерального питания (1,5–1,6 тыс. м²/га в сутки). Сорт Талисман характеризовался уменьшением ФП с 1,5 до 1,3 тыс. м²/га в сутки при повышении доз минераль-

Таблица 5
Результаты трехфакторного дисперсионного анализа биомассы сортов овса посевного в фазу выметывания при различном уровне минерального питания

Источник вариации	Дисперсия	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$	Показатель силы влияния, %
Сорт (А)	2252,6	619,3	3,0	17
Уровень питания (В)	2587,7	711,5	2,6	29
Погодные условия (С)	5203,8	1430,8	3,0	39
Взаимодействие АВ	125,9	34,6	2,1	3
Взаимодействие АС	150,8	41,5	2,4	2
Взаимодействие ВС	127,9	35,2	2,1	3
Взаимодействие АВС	89,5	24,6	1,8	4

Table 5
Results of three-factor dispersion analysis of biomass of oat varieties in the sweeping phase at different levels of mineral nutrition

The source of variation	Variance	$F_{\text{fact.}}$	$F_{\text{theor.}}$	Indicator of the power of influence, %
Grade (A)	2252.6	619.3	3.0	17
The level of nutrition (B)	2587.7	711.5	2.6	29
Weather conditions (C)	5203.8	1430.8	3.0	39
Interaction AB	125.9	34.6	2.1	3
Interaction AC	150.8	41.5	2.4	2
Interaction BC	127.9	35.2	2.1	3
Interaction ABC	89.5	24.6	1.8	4

ных удобрений (таблица 6). Наиболее отзывчивым оказался сорт Фома, фотосинтетическая производительность которого составила 1,4–1,7 тыс. м²/га в сутки с максимумом на высоком агрофоне.

Межфазный период «выход в трубку – выметывание» у овса относительно короткий. В это время появляются листья верхних ярусов, которые совместно с флаговым листом отвечают за формирование урожая. Расчеты показали, что изучаемые сорта ведут себя неодинаково на разных уровнях агрофона. Сорт Отрада на варианте с дозой внесения N₆₀P₄₀ кг/га имел максимальный фотосинтетический потенциал – 3,0 тыс. м², тогда как на этом же фоне у Талисмана значение ФП составило 1,1 тыс. м²/га в сутки. Необходимо отметить и сорт Фома, ФП которого был высоким на естественном агрофоне – 2,7 тыс. м²/га в сутки. С повышением уровня агрофона фотосинтетический потенциал постепенно снижался.

Период между выметыванием и молочной спелостью является наиболее продолжительным относительно предыдущих. Необходимо, чтобы в это время листовой аппарат оставался как можно дольше жизнеспособным, поскольку от него зависят налив зерна и продуктивность овса в целом.

Наши расчеты показали, что сорт Отрада характеризовался увеличением фотосинтетического потенциала относительно предыдущего межфазного периода. Максимальный ФП был отмечен на вариантах с повышенным и высоким агрофоном (2,8 тыс. м²/га в сутки). Несмотря на повышение данного показателя у Талисмана, достичь значений Отрады не удалось – фотосинтетический потенциал этого сорта не зависел от минеральных удобрений (2,4–2,5 тыс. м²/га в сутки). Это делает сорт Талисман наименее эффективным для полей с высоким агрофоном.

Таблица 6
Фотосинтетический потенциал сортов овса при внесении минеральных удобрений, тыс. м²/га в сутки (2018–2020 гг.)

Сорт	Уровень агрофона*	Межфазные периоды развития овса посевного		
		Кущение – выход в трубку	Выход в трубку – выметывание	Выметывание – молочная спелость
Отрада	1	1,6	1,7	2,5
	2	1,6	1,6	2,4
	3	1,6	3,0	2,8
	4	1,5	2,1	2,8
Талисман	1	1,5	2,5	2,5
	2	1,5	1,2	2,4
	3	1,4	1,1	2,5
	4	1,3	1,3	2,5
Фома	1	1,5	2,7	3,4
	2	1,4	1,4	2,9
	3	1,6	1,9	3,5
	4	1,7	1,0	3,1

* 1 – естественный (без удобрений); 2 – средний (N₄₀P₁₀); 3 – повышенный (N₆₀P₄₀); 4 – высокий (N₈₀P₆₀).

Table 6
Photosynthetic potential of oat varieties when applying mineral fertilizers, thousand m²/ha per day (2018–2020)

Variety	Agrophone level*	Interphase periods of development of oats		
		Tillering – Stem elongation	Stem elongation – Ear formation	Ear formation – Milky ripeness
Otrada	1	1.6	1.7	2.5
	2	1.6	1.6	2.4
	3	1.6	3.0	2.8
	4	1.5	2.1	2.8
Talisman	1	1.5	2.5	2.5
	2	1.5	1.2	2.4
	3	1.4	1.1	2.5
	4	1.3	1.3	2.5
Foma	1	1.5	2.7	3.4
	2	1.4	1.4	2.9
	3	1.6	1.9	3.5
	4	1.7	1.0	3.1

* 1 – natural (without fertilizers); 2 – medium (N₄₀P₁₀); 3 – elevated (N₆₀P₄₀); 4 – high (N₈₀P₆₀).

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) овса посевного Тюменской селекции в зависимости от уровня минерального питания, г/м² в сутки (2018–2020 гг.)

Сорт	Уровень агрофона*	Межфазный период					
		Кушение – выход в трубку		Выход в трубку – выметывание		Выметывание – молочная спелость	
		$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %
Отрада	1	6,1 ± 0,9	15	4,3 ± 0,5	13	5,0 ± 1,3	39
	2	7,0 ± 0,9	12	4,4 ± 0,8	18	7,5 ± 3,2	43
	3	6,1 ± 0,5	8	3,3 ± 0,4	13	6,9 ± 3,0	44
	4	5,1 ± 0,5	10	3,7 ± 0,6	15	6,0 ± 3,3	56
Талисман	1	6,2 ± 0,9	14	2,9 ± 1,5	51	10,1 ± 5,2	52
	2	7,5 ± 1,5	20	3,8 ± 1,6	41	6,6 ± 3,0	46
	3	6,1 ± 0,5	8	3,9 ± 1,5	38	5,4 ± 2,8	51
	4	5,5 ± 0,9	16	2,6 ± 1,3	49	6,4 ± 3,7	58
Фома	1	4,1 ± 0,6	14	4,9 ± 1,5	30	5,1 ± 2,3	44
	2	4,7 ± 0,3	7	4,6 ± 1,6	34	8,2 ± 3,4	42
	3	4,6 ± 0,9	19	4,2 ± 0,6	14	9,1 ± 2,9	32
	4	4,8 ± 1,5	31	3,1 ± 0,4	13	11,2 ± 3,1	27

* 1 – естественный (без удобрений); 2 – средний ($N_{40}P_{10}$); 3 – повышенный ($N_{60}P_{40}$); 4 – высокий ($N_{80}P_{60}$).

Table 7

Net photosynthesis productivity of Tyumen-bred oats depending on the level of mineral nutrition, g/m² per day (2018–2020)

Variety	Agraphone level*	Interphase periods of development of oats					
		Tillering – Stem elongation		Stem elongation – Ear formation		Ear formation – Milky ripeness	
		$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x}$	Cv, %
Otrada	1	6.1 ± 0.9	15	4.3 ± 0.5	13	5.0 ± 1.3	39
	2	7.0 ± 0.9	12	4.4 ± 0.8	18	7.5 ± 3.2	43
	3	6.1 ± 0.5	8	3.3 ± 0.4	13	6.9 ± 3.0	44
	4	5.1 ± 0.5	10	3.7 ± 0.6	15	6.0 ± 3.3	56
Talisman	1	6.2 ± 0.9	14	2.9 ± 1.5	51	10.1 ± 5.2	52
	2	7.5 ± 1.5	20	3.8 ± 1.6	41	6.6 ± 3.0	46
	3	6.1 ± 0.5	8	3.9 ± 1.5	38	5.4 ± 2.8	51
	4	5.5 ± 0.9	16	2.6 ± 1.3	49	6.4 ± 3.7	58
Foma	1	4.1 ± 0.6	14	4.9 ± 1.5	30	5.1 ± 2.3	44
	2	4.7 ± 0.3	7	4.6 ± 1.6	34	8.2 ± 3.4	42
	3	4.6 ± 0.9	19	4.2 ± 0.6	14	9.1 ± 2.9	32
	4	4.8 ± 1.5	31	3.1 ± 0.4	13	11.2 ± 3.1	27

* 1 – natural (without fertilizers); 2 – medium ($N_{40}P_{10}$); 3 – elevated ($N_{60}P_{40}$); 4 – high ($N_{80}P_{60}$).

Фома характеризовался максимальным фотосинтетическим потенциалом на варианте с отсутствием удобрений (3,4 тыс. м²/га в сутки). Внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{10}$ привело к уменьшению эффективности работы листового аппарата Фомы. Это обусловлено тем, что на таком агрофоне в первой половине вегетации складываются оптимальные условия минерального питания, но во второй половине у зерновых культур возникает определенный дефицит питательных веществ, что негативно влияет на развитие листового аппарата [21, с. 154], [22, с. 14]. Этот эффект исчезает на более высоком агрофоне, который создается внесением $N_{60}P_{40}$ кг/га – фотосинтетический потенциал достигает первоначальных значений (3,5 тыс. м²/га в сутки).

На основании анализа таблицы 6 установлено, что сорт Талисман является наименее отзывчивым на уровень минерального питания и уступает Отраде и Фоме, которые могут быть отнесены к сортам интенсивного типа, способным на высоком агрофоне раскрыть свой генетический потенциал. Для проверки нашей гипотезы необходимо проанализировать чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), которая показывает скорость накопления биомассы за единицу времени.

Чистая продуктивность фотосинтеза Отрады в период кушения – выхода в трубку на контроле составила $6,1 \pm 0,9$ г/м² в сутки (таблица 7). Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{10}$ кг/га повысило эффективность фотосинтеза до $7,0 \pm 0,9$ г/м², но

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа чистой продуктивности фотосинтеза сортов овса посевного в период «кущение – молочная спелость» при различном уровне минерального питания

Источник вариации	Дисперсия	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$	Показатель силы влияния, %
Сорт (A)	14,9	10,3	3,0	4
Уровень питания (B)	22,8	15,7	2,6	8
Погодные условия (C)	119,5	82,5	3,0	29
Взаимодействие AB	6,3	4,3	2,1	5
Взаимодействие AC	2,8	1,9	2,4	1
Взаимодействие BC	3,2	2,2	2,1	2
Взаимодействие ABC	3,9	2,7	1,8	6

Table 8

The results of a three-factor dispersion analysis of the net photosynthesis productivity of oat varieties in the period of «Tillering – Milk ripeness» at different levels of mineral nutrition

The source of variation	Variance	$F_{\text{fact.}}$	$F_{\text{theor.}}$	Indicator of the power of influence, %
Grade (A)	14.9	10.3	3.0	4
The level of nutrition (B)	22.8	15.7	2.6	8
Weather conditions (C)	119.5	82.5	3.0	29
Interaction AB	6.3	4.3	2.1	5
Interaction AC	2.8	1.9	2.4	1
Interaction BC	3.2	2.2	2.1	2
Interaction ABC	3.9	2.7	1.8	6

уже при дальнейшем повышении уровня минерального питания она начала снижаться, достигая $5,1 \text{ г/м}^2$ в сутки на высоком агрофоне. Аналогично проявлял себя и сорт Талисман. Фома выделялся среди изучаемых сортов тем, что его значение ЧПФ было минимальным на всех вариантах – $4,1\text{--}4,8 \text{ г/м}^2$ в сутки.

В межфазный период «выход в трубку – выметывание» эффективность фотосинтеза изучаемых сортов овса изменилась. Сорт Талисман начал отставать от Отрады на всех уровнях агрофона, за исключением варианта с внесением удобрений в дозе $N_{60}P_{40} \text{ кг/га}$. У сорта Фома значение ЧПФ на контроле составило $4,9 \pm 1,5 \text{ г/м}^2$ в сутки, что было максимальным по всему опыту. С повышением уровня питания эффективность фотосинтеза начала постепенно снижаться, достигая $3,1 \pm 0,4 \text{ г/м}^2$. Аналогичная тенденция была отмечена у Отрады, только с меньшим значением ЧПФ.

Дисперсионный анализ показал, что чистая продуктивность фотосинтеза овса в период «выход в трубку – выметывание» преимущественно зависит от сортовых особенностей (10 %); уровня минерального питания (12 %) и погодных условий вегетационного периода (6 %). Также выявлена роль совокупного взаимодействия этих факторов – 21%.

В третьем изучаемом межфазном периоде, который существенно больше, чем предыдущие два, влияние минеральных удобрений на сортовую эффективность фотосинтеза сортов овса Тюменской селекции стало очевидным. Наиболее стабильным в отношении агрофона был сорт Отрада, у которого чистая продуктивность фотосинтеза варьировала по вариантам от $5,0$ до $7,5 \text{ г/м}^2$ в сутки с максимальным

значением на среднем агрофоне. У сортов Талисман и Фома реакция на удобрения в этот период была диаметрально противоположной. Максимальная эффективность фотосинтеза у Талисмана была на контроле ($10,1 \pm 5,2$), тогда как у Фомы – на варианте с внесением удобрений в дозе $N_{80}P_{60} \text{ кг/га}$.

Чистая продуктивность фотосинтеза овса на разных уровнях агрофона изменялась в широком диапазоне – коэффициент вариации был в диапазоне от 7 % (Фома на естественном агрофоне) до 20 % (Талисман на среднем агрофоне). В период «выметывание – молочная спелость» Cv достиг максимальных значений 27–58 %, что соответствовало значительной вариативности. Наибольшей степенью изменчивости на вариантах с различным агрофоном выделялся сорт Талисман, что указывает на очень сильное проявление конкурентной борьбы между растениями, особенно на высоком агрофоне. По нашему мнению, при внесении удобрений на планируемую урожайность 4,0 и 5,0 т/га сорт Талисман рекомендуется высевать перекрестным или разбросным способом, что даст возможность уменьшить конкуренцию между растениями овса и тем самым раскрыть генетический потенциал сорта.

Вариативность ЧПФ Отрады возрастает с повышением уровня минерального питания с 39 до 56 %, тогда как у сорта Фома прослеживается обратная ситуация: на высоком агрофоне коэффициент вариации был минимальным (27 %). Данный факт указывает на то, что внесение удобрений позволяет уменьшить конкурентную борьбу между растениями овса сорта Фома и тем самым максимально раскрыть его гене-

тический потенциал. При выращивании Отрады на высоком агрофоне рекомендуется отказаться от рядового посева, при котором возникает очень сильная конкуренция между растениями в рядах: коэффициент вариации чистой продуктивности фотосинтеза достигает 56 %.

Расчет чистой продуктивности фотосинтеза в период кущение-молочная спелость дает возможность в целом оценить отзывчивость сортов овса на минеральный уровень питания. Как видно из рис. 1, все сорта в целом проявляют максимальную «производительность» фотосинтеза при внесении удобрений в дозе $N_{40}P_{10}$ кг/га, что соответствует планируемой урожайности 3,0 т/га зерна. Отзыв на остальные уровни агрофона индивидуален и является сортовой особенностью. Так, сорт Талисман на высоком агрофоне существенно снижает ЧПФ до 6,8 г/м² в сутки, тогда как у Отрады и Фомы этот показатель уменьшается до 7,8 г/м² в сутки.

Дисперсионный анализ чистой продуктивности фотосинтеза показал минимальное влияние сорта на

продуктивность фотосинтеза – сила влияния составила 4 % при $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ (таблица 8). Данный факт объясняется тем, что изучаемые сорта относятся к одному генетическому поколению, а Отрада и Фома являются генетически близкими сортами, созданными из одной гибридной популяции [23, с. 93].

Роль минеральных удобрений несколько выше – 8 %. Максимальное влияние на продуктивность фотосинтеза оказывают погодные условия вегетационного периода – 29 %. Взаимодействие сорта и погодных условий (АС) математически не доказано ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$).

Совокупность внешних факторов и генетического потенциала растений выражается в урожайности товарной продукции. Установить степень влияния каждого фактора крайне сложно по причине прямого и косвенного их действия.

Трехлетние исследования показали, что сорта Отрада и Талисман достоверно отстают по продуктивности на естественном агрофоне от Фомы. Его урожайность составляет $20,9 \pm 2,9$ ц/га с максимумом 26,1 ц/га (таблица 9). У сортов Талисман и Отрада максимум был равен 24,3 и 22,5 ц/га соответственно.

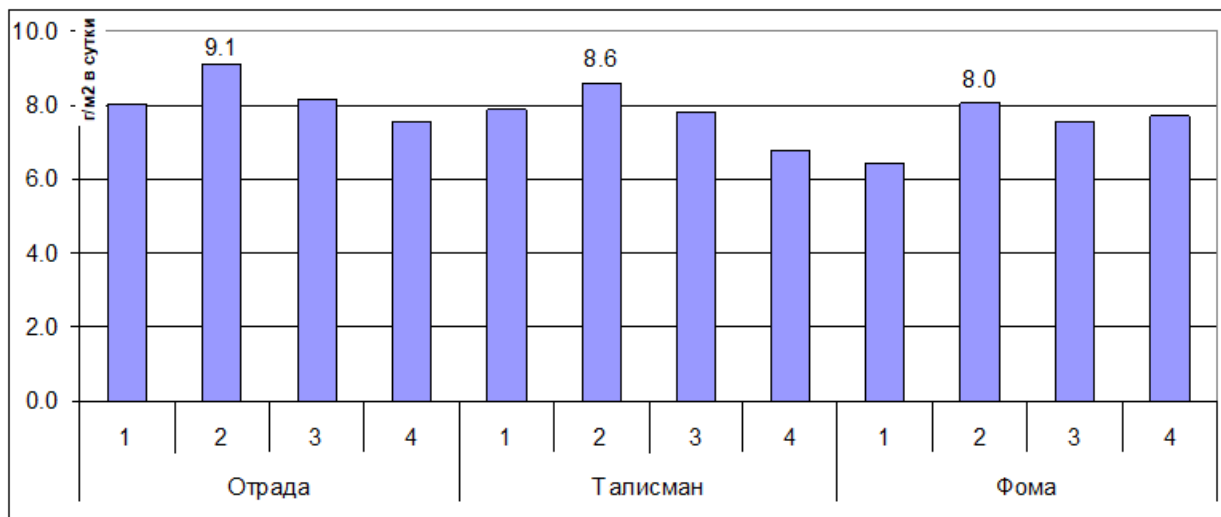


Рис. 1 Чистая продуктивность фотосинтеза в межфазный период кущение-молочная спелость овса посевного Тюменской селекции на различных агрофонах, г/м² в сутки, 2018–2020 гг.: 1 – естественный (без удобрений); 2 – средний ($N_{40}P_{10}$); 3 – повышенный ($N_{60}P_{40}$); 4 – высокий ($N_{80}P_{60}$)

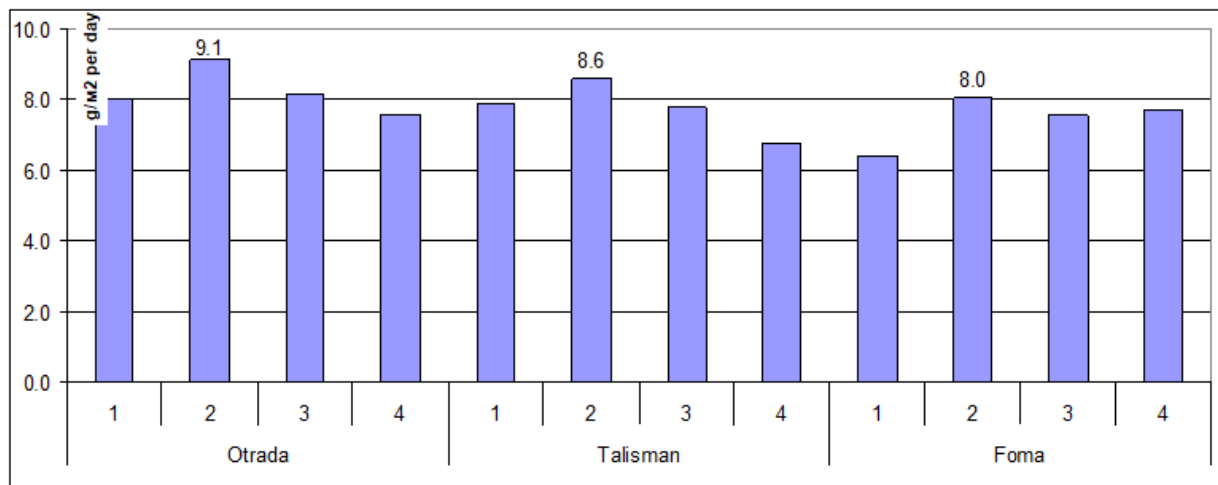


Fig. 1 Net photosynthesis productivity in the interphase period tillering-milk ripeness of oats sown by Tyumen selection on various agrophones, g/m² per day, 2018–2020: 1 – natural (without fertilizers); 2 – medium ($N_{40}P_{10}$); 3 – elevated ($N_{60}P_{40}$); 4 – high ($N_{80}P_{60}$)

Урожайность овса посевного при различном уровне минерального питания, ц/га (2018–2020 гг.)

Сорт	Уровень агрофона*	Урожайность	Min	Max	Max – Min	Cv, %
		ц/га				
Отрада	1	16,9 ± 1,9	13,0	22,5	9,5	11
	2	28,5 ± 3,2	20,7	34,0	13,3	11
	3	39,4 ± 2,3	35,8	44,0	8,2	6
	4	45,7 ± 5,3	38,2	53,5	15,3	12
Талисман	1	17,5 ± 3,5	10,8	24,3	13,5	20
	2	28,5 ± 3,0	22,6	34,6	12,0	11
	3	35,9 ± 2,9	29,3	41,5	12,2	8
	4	43,7 ± 6,2	31,7	56,2	24,5	14
Фома	1	20,9 ± 2,9	15,1	26,1	10,9	14
	2	34,8 ± 2,5	29,0	38,9	9,9	7
	3	42,4 ± 4,1	34,4	49,6	15,2	10
	4	49,8 ± 3,3	44,0	56,7	12,7	7

* 1 – естественный (без удобрений); 2 – средний ($N_{40}P_{10}$); 3 – повышенный ($N_{60}P_{40}$); 4 – высокий ($N_{80}P_{60}$).

Table 9

Crop yield of oats at different levels of mineral nutrition, c/ha (2018–2020)

Variety	Agrophone level*	Yield	Min	Max	Max – Min	Cy, %
		c/ha				
Otrada	1	16.9 ± 1.9	13.0	22.5	9.5	11
	2	28.5 ± 3.2	20.7	34.0	13.3	11
	3	39.4 ± 2.3	35.8	44.0	8.2	6
	4	45.7 ± 5.3	38.2	53.5	15.3	12
Talisman	1	17.5 ± 3.5	10.8	24.3	13.5	20
	2	28.5 ± 3.0	22.6	34.6	12.0	11
	3	35.9 ± 2.9	29.3	41.5	12.2	8
	4	43.7 ± 6.2	31.7	56.2	24.5	14
Foma	1	20.9 ± 2.9	15.1	26.1	10.9	14
	2	34.8 ± 2.5	29.0	38.9	9.9	7
	3	42.4 ± 4.1	34.4	49.6	15.2	10
	4	49.8 ± 3.3	44.0	56.7	12.7	7

* 1 – natural (without fertilizers); 2 – medium ($N_{40}P_{10}$); 3 – elevated ($N_{60}P_{40}$); 4 – high ($N_{80}P_{60}$).

Создание среднего уровня агрофона путем внесения дозы $N_{40}P_{10}$ обеспечило получение урожайности изучаемых сортов на уровне 30 ц/га с варьированием от 20,7 до 34,0 ц/га у сорта Отрада; 22,6–34,6 ц/га у Талисмана. Коэффициент варьирования у Талисмана составил 20 %, что соответствовало сильной вариативности. Для современных сортов это принято считать неблагоприятным фактором, который генетически заложен в сорте. Средняя урожайность Фомы при внесении $N_{40}P_{10}$ кг/га была выше планируемой на 16 %. Максимальный сбор составил 38,9 ц/га, что указывает на необходимость разработки сортовой системы удобрений. В неблагоприятный год, когда остальные сорта достоверно снижали продуктивность, урожай Фомы был равен 29,0 ц/га. На среднем агрофоне Фома отличался максимальной стабильностью – коэффициент вариации составил 7 %.

Повышенный агрофон ($N_{60}P_{40}$) обеспечил получение средней урожайности всех изучаемых сортов овса на уровне 35,9–42,4 ц/га. В отдельные годы сбор

зерна сорта Фома 49,6 ц/га, что на 24 % выше планируемой урожайности. На варианте с максимальным уровнем минерального питания ($N_{80}P_{60}$ кг/га) Талисман достоверно уступил по урожайности Фоме – разница между ними составила 6,1 ц/га. Анализ по годам показал, что размах значений (Max – Min) у сорта Талисман был максимальным среди изучаемых сортов (24,5 ц/га), у Фомы этот показатель был в 2 раза меньше.

Анализ корреляционных связей между продуктивностью и морфометрическими параметрами изучаемых сортов овса показал, что урожайность находится в прямой зависимости от площади листовой поверхности в фазу выхода в трубку и выметывания. Коэффициент корреляции составляет 0,67 и 0,72 соответственно. Умеренная связь урожайности отмечается и с биомассой овса в фазу выхода в трубку и выметывания – коэффициент корреляции 0,70 и 0,72 соответственно. Наиболее интересным оказалось то, что взаимосвязь между сбором зерна и чистой продук-

тивностью фотосинтеза овса отсутствовала. Коэффициент корреляции был отрицательным и варьировал по фенологическим фазам от 0,11 до 0,28. Данный факт указывает на то, что изучаемые сорта формируют свой урожай преимущественно за счет увеличения облиственности, а не благодаря эффективной работе фотосинтетического аппарата. Это может быть обоснованием высокой вариабельности урожайности по годам, поскольку площадь листьев и их биомасса зависит от множества факторов (погодные условия, уровень питания, болезни и вредители) [24, с. 136], [25, с. 190]. Также увеличение облиственности приводит к усилению конкурентной борьбы между растениями за надземное пространство, что негативно сказывается на продуктивности овса.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Изучаемые сорта овса характеризуются различной скоростью формирования ассимиляционной поверхности при равных внешних условиях: сорт Фома к фазе выметывания имеет 36,0 тыс. м²/га листовой поверхности, тогда как Отрада и Талисман – 28,1 и 24,0 тыс. м²/га соответственно. Под действием минеральных удобрений площадь листьев в межфазный период выход в трубку-выметывание увеличивается на 44–60 %, усиливая конкурентную борьбу в надземной части агрофитоценоза. Площадь ассимиляционной поверхности овса посевного зависит от сорта на 25 %, минеральных удобрений на – 30 % и погодных условий на – 37 %.

Чистая продуктивность фотосинтеза в период «кущение – молочная спелость» в минимальной степени зависит от сорта (4 %), что обусловлено близким генетическим родством изучаемых сортов овса Тюменской селекции. Максимальную силу влияния оказывают погодные условия – 29 %.

Фотосинтетический потенциал изучаемых сортов овса посевного в условиях Северного Зауралья в максимальной степени проявляется только при внесении удобрений в дозе N₄₀P₁₀ кг/га. Высокий агрофон негативно влияет на фотосинтетический потенциал сорта Талисман; чуть в меньшей степени – Отрады. Фома характеризуется стабильностью фотосинтеза на различных уровнях минерального питания, что соответствует сортам интенсивного типа возделывания. В ходе многолетних опытов установлено, что Тюменская селекция овса преимущественно направлена на повышение чистой продуктивности фотосинтеза за счет облиственности, что эффективно в условиях средних широт возделывания, но при повышении уровня агрофона приводит к усилению конкуренции в посевах овса. Это приводит к преждевременному отмиранию листьев нижних и средних ярусов. Рекомендуется для изучаемых сортов изменить схему посева, перейдя с рядового на перекрестный или ленточно-разбросной способ, где посев ведется под стрелчатую лапу с рассекателем потока внизу, что обеспечивает разброс по всей ширине захвата лапы. При дальнейшей селекции овса посевного рекомендуется проводить целенаправленную работу на повышение фотоэнергетического потенциала овса за счет повышения содержания хлоропластов на единицу площади листовой поверхности. Это позволит получать высокий, стабильный и качественный урожай, при снижении потребления воды и питательных веществ.

Благодарности

Работа выполнена по государственному заданию № 121041600036-6.

Библиографический список

1. Belkina R. I., Moiseeva K. V., Polyakov M. V. Photosynthetic potential and productivity of spring wheat varieties of different ripeness groups in the northern forest-steppe of the Tyumen region // *Successes in modern science*. 2017. Vol. 2. No. 4. Pp. 153–156.
2. Jørgensen R. N., Hansen P. M., Bro R. Exploratory study of winter wheat reflectance during vegetative growth using three-mode component analysis // *International Journal of Remote Sensing*. 2006. Vol. 27. No. 5. Pp. 919–937. DOI: 10.1080/01431160500117683.
3. Sid'ko A. F., Pisman T. I., Botvich I. Yu., Shevyrnogov A. P. Estimation of Chlorophyll Content of Barley and Oats Crops Based on Reflectance Spectra Obtained by Ground-Based Remote Measurements // *Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies*. 2016. Vol. 9. No. 8. Pp. 1333–1339. DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-8-1333-1339.
4. Muslimov M. G., Taimazova N. S., Arnautova G. I., et al. Comparative characteristics of productivity elements among film and huskless forms of oat // *International Journal of Ecology and Development*. 2017. Vol. 32. No. 4. Pp. 130–137.
5. Евтушкова Е. П. Фотосинтетическая деятельность и урожайность зернофуражных культур в условиях Северного Зауралья // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. № 5 (67). С. 59–62.
6. Еремина Д. В., Демин Е. А. Агроэкономическое обоснование выращивания кукурузы на зерно в лесостепной зоне Зауралья // *Агропродовольственная политика России*. 2016. № 12 (60). С. 27–30.
7. Яковлев В. К., Першаков А. Ю., Белкина Р. И. Продуктивность и качество зерна пивоваренных сортов ячменя в Северном Зауралье // *Вестник КрасГАУ*. 2017. № 12 (135). С. 10–15.
8. Lyubimova A. V., Tobolova G. V., Eremin D. I., Loskutov I. G. Dynamics of the genetic diversity of oat varieties in the Tyumen region at avenin-coding loci // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020. Vol. 24. No. 2. Pp. 123–130. DOI: 10.18699/VJ20.607.

9. Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavl'tsev A. A. Ecological plasticity and stability of collection samples of naked oats in the conditions of the Northern TRANS-Urals // *Bioscience Research*. 2020. Vol. 17. No. 2. Pp. 1183–1185.
10. Власов А. Г., Халецкий С. П., Булавина Т. М. Формирование продуктивности посевов овса под влиянием различных сроков сева и норм высева семян // *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2021. № 57. С. 88–98.
11. Моисеева М. Н. Влияние удобрений на рост и развитие овса в лесостепной зоне Зауралья // *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 1 (16). С. 32–36.
12. Моисеева М. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна овса в Северном Зауралье // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 4 (90). С. 35–38.
13. Лапа В. В., Лопух М. С. Фотосинтетическая продуктивность растений голозерного овса в зависимости от доз минеральных удобрений // *Почвоведение и агрохимия*. 2009. № 2 (43). С. 166–174.
14. Моисеева К. В. Фотосинтетическая деятельность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Зауралья // *Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина*. 2017. № 4 (45). С. 189–191.
15. Прудун Ю. П., Любимова А. В., Тоболова Г. В., Еремин Д. И. Анализ генотипов селекционных линий овса посевного по аллелям авенин-кодирующих локусов // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 11 (164). С. 106–113. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-106-113.
16. Миллер С. С., Фисунов Н. В., Федоткин В. А., Рзаева В. В. Предпосевная, послепосевная, основная обработка почвы и посев сельскохозяйственных культур в Тюменской области. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. 140 с.
17. Гончар-Зайкин П. П., Чертов В. Г. Надстройка к EXCEL для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов // *Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации: сборник материалов научно-практической конференции «Разработка адаптивных систем природоохранных технологий производства сельскохозяйственной продукции в аридных районах России»*. Москва, 2003. С. 559–565.
18. Магарамов Б. Г., Муслимов М. М., Куркиев К. У. Развитие листовой поверхности растений овса при различных способах обработки почвы // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2019. № 4 (4). С. 88–91.
19. Наумова Н. А. Выявление фотосинтетического потенциала сортов ярового овса в Нижнем Поволжье // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 7. С. 31–34. DOI: 10.28983/asj.y2021i7pp31-34.
20. Колесникова В. Г. Приемы ухода за посевами, способы и сроки уборки овса сорта Улов в Предуралье: дис. ... канд. с.-х. наук. Ижевск, 2000. 149 с.
21. Еремин Д. И. Продуктивность зернового с занятым паром севооборота в условиях Северного Зауралья: дис. ... канд. с.-х. наук. Тюмень, 2002. 206 с.
22. Демина О. Н., Еремин Д. И. Влияние минеральных удобрений на нитратный режим и нитрификацию чернозема выщелоченного в Северном Зауралье // *Агрохимический вестник*. 2021. № 2. С. 10–14. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-002.
23. Любимова А. В., Еремин Д. И. Особенности компонентного состава авенинов овса, возделываемого в Западной Сибири // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018. Т. 179. № 2. С. 85–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-2-85-95.
24. Мыхлык А. И., Дуктова Н. А. Оценка фотосинтетической деятельности сортов овса посевного в зависимости от уровня азотного питания // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 3. С. 130–137.
25. Shulepova O. V., Belkina R. I., Opanasyuk I. V. Barley yield analysis in the Russian federation // *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 2020. Vol. 21. No. 71–72. Pp. 181–192.

Об авторах:

Анна Валерьевна Любимова¹, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией геномных исследований в растениеводстве, ORCID 0000-0002-1570-9595, AuthorID 819322; +7 952 341-08-87, ostapenkoav88@yandex.ru

Дмитрий Иванович Еремин¹, доктор биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории земледелия, ORCID 0000-0002-3672-6060, AuthorID 318870; +7 912 927-13-86, soil-tyumen@yandex.ru

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научно-го центра Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия

Varietal features of photosynthetic activity of Tyumen seed oats when applying mineral fertilizers

A. V. Lyubimova¹, D. I. Eremin^{1✉}

¹The Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – the branch of the Tyumen Scientific Center of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

✉E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Abstract. The purpose is to study the varietal characteristics of the photosynthetic efficiency of oats when applying fertilizers in Western Siberia. **Methods.** The research was carried out on an experimental field located in the northern forest-steppe of the Trans-Urals. Photosynthetic potential and net productivity of photosynthesis were determined by the Nichiporovich's method. **Results.** The nature of the formation of the assimilation surface and the accumulation of biomass of oat varieties Otrada, Talisman and Foma at different levels of mineral nutrition was studied. The photosynthetic potential and the net productivity of photosynthesis are calculated. The share of the influence of weather conditions, agrophone and variety on the studied indicators is determined. The Foma variety was characterized by maximum leafiness, compared to the Talisman and Otrada. On a natural agrophone, its assimilation surface in the sweeping phase reached 36.0 ± 5.5 thousand m², at Otrada and Talisman – 28.1 and 24.0 thousand m² per 1 ha of sowing. A very strong variability of the leaf surface area in Otrada was revealed ($C_v = 24\%$). The use of mineral fertilizers enhances the development of the leaf apparatus by 44–50 % and causes competition between oat plants. A close positive correlation was revealed between the leaf area in the sweeping phase and yield ($r = 0.72$). The area of the assimilation surface of oats is affected by: weather conditions – 37 %; nutrition level – 30 % and variety – 25 %. It was found that the Otrada and Foma varieties have the same accumulation dynamics and form the maximum photosynthetic biomass by the sweeping phase. The nature of biomass accumulation depends on weather conditions by 39 %; on mineral fertilizers by 29 % and on the genotype of the variety by 17 %. The productivity of the studied varieties is formed by increasing the assimilation surface, rather than increasing the efficiency of photosynthesis. Scientific novelty. For the first time, the photosynthetic potential was determined and the efficiency of the net photosynthesis productivity of oat varieties of the Tyumen selection was revealed. The share of the influence of various factors in the formation of the oat crop in the conditions of the Northern Trans-Urals has been established.

Keywords: biochemistry and physiology of oats; photosynthetic potential, responsiveness to mineral fertilizers, Foma, Otrada, pure productivity of photosynthesis; carbon dioxide absorption; genetic diversity.

For citation: Lyubimova A. V., Eremin D. I. Sortovye osobennosti fotosinteticheskoy aktivnosti ovsa posevnogo Tyumenskoy selektsii pri vnesenii mineral'nykh udobreniy [Varietal features of photosynthetic activity of oats sown in Tyumen selection when applying mineral fertilizers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 59–76. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-59-76. (In Russian.)

Date of paper submission: 28.10.2021, **date of review:** 08.11.2021, **date of acceptance:** 12.11.2021.

References

1. Belkina R. I., Moiseeva K. V., Polyakov M. V. Photosynthetic potential and productivity of spring wheat varieties of different ripeness groups in the northern forest-steppe of the Tyumen region // Successes in modern science. 2017. Vol. 2. No. 4. Pp. 153–156.
2. Jørgensen R. N., Hansen P. M., Bro R. Exploratory study of winter wheat reflectance during vegetative growth using three-mode component analysis // International Journal of Remote Sensing. 2006. Vol. 27. No. 5. Pp. 919–937. DOI: 10.1080/01431160500117683.
3. Sid'ko A. F., Pisman T. I., Botvich I. Yu., Shevyrnogov A. P. Estimation of Chlorophyll Content of Barley and Oats Crops Based on Reflectance Spectra Obtained by Ground-Based Remote Measurements // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. 2016. Vol. 9. No. 8. Pp. 1333–1339. DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-8-1333-1339.
4. Muslimov M. G., Taimazova N. S., Arnautova G. I., et al. Comparative characteristics of productivity elements among film and huskless forms of oat // International Journal of Ecology and Development. 2017. Vol. 32. No. 4. Pp. 130–137.
5. Evtushkova E. P. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i urozhaynost' zernofurazhnykh kul'tur v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Photosynthetic activity and yield of grain crops in the conditions of the Northern Trans-Urals] // IZVESTIYA Orenburg State Agrarian University. 2017. No. 5 (67). Pp. 59–62. (In Russian.)

6. Eremina D. V., Demin E.A. Agroekonomicheskoe obosnovanie vyrashchivaniya kukuruzy na zerno v lesostepnoy zone Zaural'ya [Agroeconomical justification of growing corn for grain in the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // Agro-food policy in Russia 2016. No. 12 (60). Pp. 27–30. (In Russian.)
7. Yakovlev V. K., Pershakov A. Yu., Belkina R. I. Produktivnost' i kachestvo zerna pivovarennykh sortov yachmenya v Severnom Zaural'e [Productivity and grain quality of malting barley varieties in the Northern Trans-Urals] // Vestnik KrasGAU. 2017. No. 12 (135). Pp. 10–15. (In Russian.)
8. Lyubimova A. V., Tobolova G. V., Eremin D. I., Loskutov I. G. Dynamics of the genetic diversity of oat varieties in the Tyumen region at avenin-coding loci // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. Vol. 24. No. 2. Pp. 123–130. DOI: 10.18699/VJ20.607.
9. Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavl'tsev A. A. Ecological plasticity and stability of collection samples of naked oats in the conditions of the Northern TRANS-Urals // Bioscience Research. 2020. Vol. 17. No. 2. Pp. 1183–1185.
10. Vlasov A. G., Khaletskiy S. P., Bulavina T. M. Formirovanie produktivnosti posevov ovsa pod vliyaniem razlichnykh srokov seva i norm vyseva semyan [Formation of productivity of oat crops under the influence of different sowing dates and seed sowing rates] // Zemledelie i selektsiya v Belarusi. 2021. No. 57. Pp. 88–98. (In Russian.)
11. Moiseeva M. N. Vliyanie udobreniy na rost i razvitie ovsa v lesostepnoy zone Zaural'ya [The effect of fertilizers on the growth and development of oats in the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. No. 1 (16). Pp. 32–36. (In Russian.)
12. Moiseeva M. N. Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna ovsa v Severnom Zaural'e [Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of oat grain in the Northern Trans-Urals] // IZVESTIYA Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 4 (90). Pp. 35–38. (In Russian.)
13. Lapa V. V., Lopukh M. S. Fotosinteticheskaya produktivnost' rasteniy golozernogo ovsa v zavisimosti ot doz mineral'nykh udobreniy [Photosynthetic productivity of naked oat plants depending on the doses of mineral fertilizers] // Soil Science and Agrochemistry. 2009. No. 2 (43). Pp. 166–174. (In Russian.)
14. Moiseeva K. V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' sortov yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Photosynthetic activity of spring soft wheat varieties in the conditions of the Northern Trans-Urals] // Vestnik Kyrgyzskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. K. I. Skryabina. 2017. No. 4 (45). Pp. 189–191. (In Russian.)
15. Pryadun Yu. P., Lyubimova A. V., Tobolova G. V., Eremin D. I. Analiz genotipov selektsionnykh liniy ovsa posevnogo po alleleym avenin-kodiruyushchikh lokusov [Analysis of genotypes in breeding lines of oat in the alleles Avenyn-coding loci] // Vestnik KrasGAU. 2020. No. 11 (164). Pp. 106–113. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-106-113. (In Russian.)
16. Miller S. S., Fisunov N. V., Fedotkin V. A., Rzaeva V. V. Predposevnaya, posleposevnaya, osnovnaya obrabotka pochvy i posev sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Tyumenskoj oblasti [Pre-sowing, post-sowing, basic tillage and sowing of agricultural crops in the Tyumen region]. Tyumen: Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya, 2020. 140 p. (In Russian.)
17. Gonchar-Zaykin P. P., Chertov V. G. Nadstroyka k EXCEL dlya statisticheskoy otsenki i analiza rezul'tatov polevykh i laboratornykh opytov [Add-in to Excel for statistical evaluation and analysis of results of field and laboratory experiments] // Ratsional'noe prirodopol'zovanie i sel'skokhozyaystvennoe proizvodstvo v yuzhnykh regionakh Rossiyskoy Federatsii: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii "Razrabotka adaptivnykh sistem prirodookhrannyykh tekhnologiy proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii v aridnykh rayonakh Rossii". Moscow, 2003. Pp. 559–565. (In Russian.)
18. Magaramov B. G., Muslimov M. M., Kurkiev K. U. Razvitie listovoy poverkhnosti rasteniy ovsa pri razlichnykh sposobakh obrabotki pochvy [The development of the leaf surface of plants of oat under different methods of soil cultivation] // Dagestan GAU Proceedings. 2019. No. 4 (4). Pp. 88–91. (In Russian.)
19. Naumova N. A. Vyyavlenie fotosinteticheskogo potentsiala sortov yarovogo ovsa v Nizhnem Povolzh'e [Identification of the photosynthetic potential of the varieties of spring oats in the Lower Volga region] // The Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 7. Pp. 31–34. DOI: 10.28983/asj.y2021i7pp31-34. (In Russian.)
20. Kolesnikova V. G. Priemy ukhoda za posevami, sposoby i sroki uborki ovsa sorta Ulov v Predural'e: dis. ... kand. s.-kh. nauk [Methods of crop care, methods and timing of harvesting oats of the Catch variety in the Urals: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Izhevsk, 2000. 149 p. (In Russian.)
21. Eremin D. I. Produktivnost' zernovogo s zanyatym parom sevooborota v usloviyakh Severnogo Zaural'ya: dis. ... kand. s.-kh. nauk [Productivity of grain with a busy steam crop rotation in the conditions of the Northern Trans-Urals: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Tyumen, 2002. 206 p. (In Russian.)
22. Demina O. N., Eremin D. I. Vliyanie mineral'nykh udobreniy na nitratnyy rezhim i nitrifikatsiyu chernoze-ma vyshchelochennogo v Severnom Zaural'e [The influence of mineral fertilizers on the nitrate regime and nitrification of leached chernozem in the Northern Trans-Urals] // Agrochemical Herald. 2021. No. 2. Pp. 10–14. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-002. (In Russian.)

23. Lyubimova A. V., Eremin D. I. Osobennosti komponentnogo sostava aveninov ovsa, vozdel'yaemogo v Zapadnoy Sibiri [Features of the component composition of avenins of oats cultivated in Western Siberia] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2018. T. 179. No. 2. Pp. 85–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-2-85-95. (In Russian.)
24. Mykhlyk A. I., Duktova N. A. Otsenka fotosinteticheskoy deyatel'nosti sortov ovsa posevnogo v zavisimosti ot urovnya azotnogo pitaniya [Assessment of photosynthetic activity of oat varieties depending on the level of nitrogen nutrition] // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2015. No. 3. Pp. 130–137. (In Russian.)
25. Shulepova O. V., Belkina R. I., Opanasyuk I. V. Barley yield analysis in the Russian federation // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2020. Vol. 21. No. 71–72. Pp. 181–192.

Authors' information:

Anna V. Lyubimova¹, candidate of biological sciences, head of the laboratory for genomic research in crop production, ORCID 0000-0002-1570-9595, AuthorID 819322; +7 952 341-08-87, ostapenkoav88@yandex.ru

Dmitriy I. Eremin¹, Doctor of biological sciences, associate professor, senior researcher of the laboratory of agriculture, ORCID 0000-0002-3672-6060, AuthorID 318870; +7 912 927-13-86, soil-tyumen@yandex.ru

¹ The Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – the branch of the Tyumen Scientific Center of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

Особенности расчета поглощенных доз облучения для крупного рогатого скота в условиях Красноярского края

А. С. Федотова¹✉

¹ Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

✉ E-mail: krasfas@mail.ru

Аннотация. В статье приведена адаптированная методика расчета поглощенной дозы для крупного рогатого скота с территорий с многолетним техногенным загрязнением. Методика разработана согласно действующим на территории РФ нормативным документам – ветеринарным правилам ВП 13.73.13/12-00, ВП 13.5.13/03-00, методическим указаниям МУ 13.5.13-00, положению о системе государственного ветеринарного контроля радиоактивного загрязнения объектов ветеринарного надзора в Российской Федерации. **Цель работы** – разработка методики расчета поглощенных доз радиации для крупного рогатого скота на территории с многолетним загрязнением техногенными изотопами с учетом радионуклидного состава почв. **Методы.** Традиционным методом анализа оценены нормативные документы, регламентирующие расчет поглощенных доз облучения, теоретически определен вклад внешнего и внутреннего облучения в суммарную поглощенную годовую дозу. Проведен экспертный анализ литературных источников. **Результаты.** Установлено, что расчет дозы внешнего облучения необходимо проводить с учетом доз в стойловый и пастбищный периоды. Доза в пастбищный период является суммой доз в дневное и ночное время с учетом продолжительности светового дня. На основании данных радиоэкологической обстановки Красноярского края доза внутреннего облучения должна рассчитываться как сумма доз ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{60}Co с учетом различной концентрации этих радионуклидов в зеленом корме и грубых кормах. **Научная новизна.** Впервые предложена методика расчета доз для крупного рогатого скота с учетом радиоэкологической обстановки Красноярского края. **Практическая значимость.** Методика рекомендована для специалистов радиологических отделов ветеринарных лабораторий и научных сотрудников, работающих в области сельскохозяйственной радиобиологии.

Ключевые слова: техногенные радионуклиды, поглощенная доза, гамма-фон, внешнее облучение, крупный рогатый скот, ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , внутреннее облучение.

Для цитирования: Федотова А. С. Особенности расчета поглощенных доз облучения для крупного рогатого скота в условиях Красноярского края // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 77–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-77-86.

Дата поступления статьи: 29.10.2021, **дата рецензирования:** 08.11.2021, **дата принятия:** 15.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Поглощенная доза облучения животных – это суммарная доза природных и антропогенных источников радиации. Животные постоянно находятся под воздействием естественного радиационного фона, его образуют космическое излучение; естественные радиоактивные элементы горных пород, воды; естественные радионуклиды, находящиеся в компонентах рациона. Источниками техногенных радионуклидов являются мирное использование атомной энергии и радиационные аварии. Территории РФ отличаются различной удельной активностью техногенных радионуклидов в почвах соответственно различной радиационной опасностью. Техногенные радионуклиды были привнесены в окружающую среду в результате различных по масштабам и видам загрязнения аварий на предприятиях атомной промышленности и проведенными в прошлом столетии штатными ядерны-

ми взрывами. К крупным радиационным авариям, серьезно повлиявшим на радиационную обстановку значительных территорий РФ, можно отнести аварии на Чернобыльской АЭС и НПО «Маяк» в Челябинской области, в результате которой был сформирован Восточно-Уральский радиоактивный след. Помимо аварийных выбросов и сбросов, работа предприятий «Росатома» способствовала локальному дополнительному техногенному загрязнению объектов окружающей среды. В некоторых субъектах РФ имеются территории, где радиационная ситуация оценивается как напряженная. Управлением Роспотребнадзора по Красноярскому краю радиационная обстановка на территории края вне зоны наблюдения ФГУП «Горно-химический комбинат» определяется как благополучная, на территории зоны наблюдения Горно-химического комбината – удовлетворительная [1 с. 7–9], [2, с. 44–59]. В условиях агробиоценозов с локаль-

ным техногенным загрязнением выполняются радиоэкологические исследования по оценке уровней техногенного загрязнения, определении интенсивности миграции техногенных радионуклидов, определении миграционной способности антропогенных радионуклидов в продукции растениеводства и животноводства [3, с. 96–106], [4, с. 220], [5, с. 47], [6, с. 32–33], [7, с. 38], [8, с. 252–253].

На территории РФ функционирует единая государственная система контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД). Начиная с 2001 года действует Федеральный банк доз облучения граждан Российской Федерации, который ведет учет доз облучения естественного и антропогенного радиационного фона. По данным 2021 года средняя индивидуальная годовая эффективная доза радиационного воздействия населения страны за счет природных источников ионизирующего излучения, рассчитанная на основе данных всех измерений 2001–2020 гг., составила 3,36 мЗв/год [9, с. 112.]

Работ по определению значений поглощенных доз для сельскохозяйственных животных ограниченное количество, тогда как научных публикаций, посвященных расчету и определению доз облучения населения, достаточно [10, с. 42–45], [11, с. 101–104], [12, с. 48–50].

Существуют научные работы по оценке поглощенных доз вегетативной массы растений в условиях природных биогеоценозов и агробиоценозов. В работах Т. В. Переволоцкой с соавторами проведен расчет мощности поглощенной дозы внешнего гамма-излучения травостоя от поверхностного слоя почвы и надземной фитомассы растений с применением разных методов [13, с. 111–113]. Существует теория дозиметрической модели облучения растений, она основывается на правилах распределения радионуклидов хронических радиоактивных выпадений в системе «поверхность растений – поверхностный слой почвы». А. Н. Переволоцкий с соавторами выделяют пять основных мест нахождения техногенных радионуклидов и связанных с этим источников радиационного воздействия на растения. Предложенная дозиметрическая модель облучения аграрных биогеоценозов уточняет и дополняет существующие представления о формировании дозы растений при хроническом поступлении техногенных радионуклидов [14, с. 97–100].

Удельная активность техногенных радионуклидов в компонентах агробиоценозов их миграционная активность по цепи «почва, вода – растение – животное», соответственно, поглощенная доза для сельскохозяйственных животных в субъектах РФ имеет различное цифровое выражение. Для определения радиоэкологического состояния агробиоценозов, степени дополнительного техногенного воздействия на организм животных используют значение поглощенной дозы ионизирующего излучения, сформированное в организме животного за единицу времени. Вопрос методики расчета поглощенных доз облучения сельскохозяйственных животных активно обсуждается в научных публикациях. В научных трудах М. Г. Лам-

зиной А. С. Зенькина приведен расчет поглощенных доз коров в республике Мордовия, который проводился авторами согласно ВП 13.73.13/12-00 [15, с. 117–122]. В. С. Авериним рассчитаны поглощенные дозы внешнего и внутреннего облучения коров на территории ближнего и дальнего радиоактивных следов аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Мощность внешнего облучения рассчитывалась на основании данных мощности экспозиционной дозы и времени облучения, доза внутреннего облучения определялась коэффициентом перехода радионуклида из рациона в мышечную ткань, содержанием радионуклидов в суточном рационе, периодами полуснижения содержания радионуклидов в мышечной ткани и временем поступления. В результате работы автором установлено, что поглощенная доза у коров за пастбищный период в ближнем радиоактивном следе составила 31,4 мЗв / 180 сут., в дальнем – 6,5 мЗв / 180 сут. [16, с. 5–9]. А. В. Гулаковым и Д. Н. Дроздовым выполнен расчет дозы внутреннего облучения европейской косули, европейского лося, кабана, обитающих на территории Полесского радиационно-экологического заповедника. Мощность поглощенной дозы внутреннего облучения рассчитывалась по гамма-излучению ^{137}Cs . Для расчетов авторы использовали значения коэффициентов дозового перехода, который определяется массой животного. Мощность поглощенной дозы внутреннего облучения ^{137}Cs рассчитывали как произведение удельной активности ^{137}Cs в мышечной ткани (Бк/кг) и дозового коэффициента, равного мощности дозы, создаваемой 1 Бк/кг ^{137}Cs , мЗв/сут [17, с. 66–67]. Такой метод подразумевает определение удельной активности ^{137}Cs в мышечной ткани животного, что делает невозможным его использование при жизни животных.

Рекомендациями МКРЗ [18], [19], [20, с. 141–143] разработаны анатомические и физиологические условные модели, установлены способы оценки радиационного воздействия на биоту, при этом оценка дозового воздействия определяется дозой облучения референтных организмов флоры и фауны. Создана база данных по нескольким типам организмов, которые характерны для основных экосистем. Модели позволяют сформировать основу для понимания соотношений между облучением и дозой, дозой и эффектом. В моделях референтные животные и растения рассматриваются как гипотетические объекты с определенными характеристиками конкретного семейства, объекты не являются защищаемыми существами, они выступают как реперные точки для создания модели. Исключение составляют млекопитающие, по их моделям можно установить зависимость «доза – эффект».

Для определения дозовых нагрузок на живой организм применяются методы математического моделирования, при этом оцениваются поглощенные дозы за промежуток времени. Мощность поглощенной дозы референтного объекта биоты формируется из мощности дозы внутреннего облучения от изотопов,

включенных в состав тканей организма, и мощности дозы внешнего облучения от радионуклидов, входящих в состав объектов биосферы.

Для расчета дозовых коэффициентов внешнего облучения от гамма-излучающих нуклидов, находящихся в объектах биосферы, используются программные комплексы. В них дозовое воздействие радиации рассчитывается для референтных организмов. Существуют несколько программных комплексов: EDEN – программа оценки доз для организмов из разных экосистем, доза определяется радионуклидным составом и характеристикой среды облучения [21]; ERICA Tool – программа разработана при финансировании Европейского союза, используется для расчета радиологических рисков для животных и растений с использованием трехуровневого комплексного подхода воздействия радиации на биоту (первый уровень позволяет выявить загрязненные участки, на втором рассчитывается доза воздействия радиации на биологический объект, третий позволяет оценить показатели облучения [22]; RESRAD-BIOTA – программа определения влияния радиационного фактора на биоту, позволяет оценить радиационную ситуацию, рассчитать дозовые нагрузки и провести оценку доз облучения организма с заранее выбранной геометрией и дает возможность использовать конверсию доз [23].

Учеными проведена работа по анализу значений дозовых коэффициентов для внешнего облучения широкого круга видов биоты (от муравья до синих китов), находящихся в атмосфере, водной среде и почве (верхний 50-сантиметровый слой), анализ проведен с помощью прецизионной программы, моделирующей перенос излучения. В результате рассчитаны коэффициенты внешнего облучения от гамма-излучающих нуклидов, выявлено, что в воздушной среде обитания имеют значение энергия ионизирующего излучения и размер животного [24, с. 76–80].

Существуют работы по оценке доз облучения референтных организмов (олень, крыса, змея, пчела, дождевой червь, сосна, трава) на территории, загрязненной ^{137}Cs и ^{90}Sr , при различных сценариях использования территории (в том числе сельскохозяйственное производство) и последующего ее использования после проведения реабилитационных мероприятий (остаточная активность техногенных радионуклидов $1 \text{ м}^3/\text{год}$). Однако сценарий «сельскохозяйственное производство», рассматриваемый авторами, подразумевает только производство продукции растениеводства, к сожалению, не выполняется расчет доз облучения для сельскохозяйственных животных [25, с. 83–88].

В некоторых работах оценка доз облучения базируется на коэффициенте дозового преобразования индивидуального для каждого изотопа, это отношение удельной активности изотопа в объектах окружающей среды к мощности поглощенной дозы референтного животного. В моделях R&D 128, DOSES3D [27] и Е. В. Спирина [28] подсчет коэффициента дозового преобразования производится путем интегрирования

функции ослабления точечного источника радиации при оценке поглощенной дозы гамма-излучения животных массой от 1,5 до 550 кг, находящихся на территории, загрязненной радионуклидами. Расчеты коэффициентов дозового преобразования для референтных животных и растений с применением метода симуляции переноса излучения методом Монте-Карло и инженерного метода расчета мощности дозы имеют аналогичные результаты [27–28]. В настоящее время отдельными учеными ведется работа по расчету значений дозовых коэффициентов внешнего облучения для биоты с помощью прецизионной программы, моделирующей перенос излучения [14, с. 77–80].

Для территории Красноярского края выполнен расчет дозы облучения рыбы р. Енисей. Вылов рыбы был проведен в районе с. Атаманово (ближняя зона влияния ФГУП «Горно-химический комбинат»). Мощность дозы внутреннего облучения рыб рассчитывали на основании удельной активности антропогенных радионуклидов в организме рыб с применением расчетных дозовых коэффициентов. В результате расчета определено, что поглощенная доза для хариуса составила $22,3 \text{ мкГр/сут}$, для щуки – $36,4 \text{ мкГр/сут}$. [26, с. 23–26]. Авторами определена удельная активность техногенных радионуклидов в водных растениях, зоо- и фитопланктоне, рыбе, при этом удельная активность ^{137}Cs в рыбе не превышает уровень, регламентированный СанПиН 2.3.2.1078-01 и СанПиН 2.3.2.2401-08.

Расчет поглощенных доз ионизирующего излучения крупного рогатого скота в агробиоценозах Красноярского края с различной техногенной напряженностью стал основой статьи.

Цель исследования – разработка методики расчета поглощенных доз ионизирующего излучения крупного рогатого скота на территории с многолетним загрязнением техногенными изотопами с учетом радионуклидного состава почв.

Для разработки адаптированной методики расчета поглощенной дозы для крупного рогатого скота с территорий с многолетним техногенным загрязнением были поставлены следующие задачи:

1. Оценка возможности использования существующих способов расчета поглощенных доз облучения сельскохозяйственных животных.
2. Оценка применимости использования методики ВП 13.73.13/12-00 «Обеспечение радиационной безопасности животных и продукции животного происхождения. Оценка доз облучения сельскохозяйственных животных на территории, загрязненной радионуклидами» для расчета доз облучения животных в Красноярском крае.
3. Обоснование адаптированной методики расчета поглощенной дозы для крупного рогатого скота в Красноярском крае.

Методология и методы исследования (Methods)

Теоретической и методологической основой работы являлись данные ветеринарных правил ВП 13.73.13/12-00 «Обеспечение радиационной без-

опасности животных и продукции животного происхождения. Оценка доз облучения сельскохозяйственных животных на территории, загрязненной радионуклидами» (утверждены главным государственным ветеринарным инспектором РФ 15.01.2001) [29], ВП 13.5.13/03-00 «Обеспечение радиационной безопасности животных и продукции животного происхождения. Организация государственного ветеринарного радиологического мониторинга объектов ветеринарного надзора в зоне воздействия радиационно-опасных объектов» (утверждены главным государственным ветеринарным инспектором РФ 25.05.2001) [30], методических указаний МУ 13.5.13-00 «Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов» (утверждены Минсельхозом РФ 7 августа 2000 г.) [31] и положения о системе государственного ветеринарного контроля радиоактивного загрязнения объектов ветеринарного надзора в Российской Федерации (утверждены главным государственным ветеринарным инспектором РФ 12.02.1998) [32].

Результаты (Results)

Расчет поглощенных доз облучения сельскохозяйственных животных изложен в ВП 13.73.13/12-00. Ветеринарные правила специалисты применяют для определения значений доз облучения крупного рогатого скота, находящегося на территории с дополнительным техногенным загрязнением. Для определения дозы радиационного воздействия используют данные поглощенных доз внешнего и внутреннего облучения животных. Доза внешнего облучения формируется за счет гамма-излучения техногенных радионуклидов, входящих в состав или находящихся на поверхности компонентов агробиотопов. Внутреннее облучение сельскохозяйственных животных – это сумма поглощенных доз критических органов (щитовидная железа – концентрация изотопов йода, желудочно-кишечный тракт – удельная активность изотопов, поступающих алиментарным путем), тканей (костная ткань – содержание изотопов стронция) и организма в целом (удельная активность изотропных радионуклидов).

Из ВП 13.73.13/12-00 следует, что внешнее гамма-облучение сельскохозяйственных животных на территории, загрязненной продуктами ядерного деления, формируется за счет радионуклидов ^{131}I , ^{95}Nb , ^{140}La , ^{95}Zr , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{141}Ce , ^{106}Rh , ^{140}Ba , ^{144}Ce и др., из них основными являются ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{95}Nb , ^{95}Zr [29]. Короткоживущие техногенные радионуклиды вносят заметный вклад в значение мощности поглощенной дозы животных только в первые дни после загрязнения территории, на территориях с многолетним техногенным загрязнением их вклад не учитывается.

Для определения поглощенной дозы внешнего облучения используют данные мощности гамма-излучения на территории, эта доза определяется удельной активностью техногенных радионуклидов в компонентах агробиотопов. Расчет поглощенной дозы внешнего гамма-излучения выполняют на основе ре-

зультатов гамма-съемки на местности (определение значений амбиентного эквивалента дозы на высоте 1 м от поверхности почвы). Поглощенная доза внешнего облучения от ^{137}Cs рассчитывается как произведение дозового коэффициента, плотности поверхностного загрязнения и длительность воздействия.

В ветеринарных правилах к основным источникам попадания техногенных радионуклидов в организм животных относят использование в рационе кормов с высокой удельной активностью. Динамика поступления техногенных радионуклидов в организм животных зависит от удельной активности компонентов рациона, определяется временем года, способом содержания животных (стойловое, пастбищное).

В ветеринарных правилах ВП 13.73.13/12-00 представлена методика расчета поглощенной дозы в щитовидной железе, но техногенные изотопы йода относятся к короткоживущим, и отсутствует их вклад в поглощенную дозу животных на территориях с многолетним техногенным загрязнением. В связи с этим методика расчета поглощенной дозы в щитовидной железе не рассматривается. Расчет поглощенной дозы облучения организма животных на основе учета потребления кормов, загрязненных радионуклидами цезия, актуален для регионов с многолетним техногенным загрязнением. Изотопы цезия по сравнению с изотопами стронция хорошо фиксируются в профиле почв, 1 % цезия переходит в водную вытяжку, в большинстве случаев изотопы цезия входят в кристаллическую решетку минералов, в связи с этим почвы, загрязненные ^{90}Sr и ^{137}Cs , длительное время будут являться источником ^{137}Cs [3].

При известной удельной активности радионуклидов цезия (^{137}Cs , ^{134}Cs) в рационе крупного рогатого скота поглощенная доза рассчитывается по таблицам, причем необходимо определить сумму поглощенных доз гамма- и бета-излучения тела от животного со значением поглощенной дозы гамма-излучения желудочно-кишечного тракта. Определение значений поглощенной дозы от ^{90}Sr в костях определяется по соотношению произведения концентрации ^{90}Sr в рационе на массу корма и коэффициента депонирования ^{90}Sr к массе костной ткани с учетом времени поступления ^{90}Sr в организм животного [29].

Настоящая методика полностью подходит для подсчета поглощенной дозы облучения крупного рогатого скота, содержащегося на территории, подвергшейся воздействию радиоактивного заражения (облучения) вследствие ядерных взрывов, ядерных аварий и других процессов, связанных с неконтролируемым распространением техногенных радионуклидов. Настоящее описание имеет сравнительный характер и не может быть полностью перенесено на условия существования сельскохозяйственных животных на территориях с многолетним загрязнением техногенными радионуклидами.

Поглощенную дозу внешнего облучения крупного рогатого скота от долгоживущих радионуклидов на территории Красноярского края на открытой терри-

тории местности необходимо рассчитывать с учетом радиоэкологической обстановки. Основой для расчета является значение мощности дозы гамма-излучения на открытой местности, она определяется плотностью загрязнения техногенными долгоживущими радионуклидами, концентрацией естественных радионуклидов и интенсивностью космического облучения. Мощность поглощенной дозы внешнего гамма-излучения рассчитывается на основании данных гамма-съемки местности, выполненной на высоте 1 м от поверхности почвы. На основании ВП 13.73.13/12-00 расчет осуществляют по формуле

$$D_{\text{вн}} = 1,1 \times 10^{-2} \times P_{\gamma} \times \alpha \times t,$$

где P_{γ} – значение поглощенной дозы гамма-излучения, Гр/ч;

α – коэффициент ослабления гамма-излучения организмом животного (определяется массой тела, осуществляет переход от поглощенной дозы в воздухе к поглощенной дозе на поверхности тела), в среднем составляет 0,93 отн. ед.;

t – время нахождения животного на открытой местности, ч.

Значение поправок на экранирование тела животных за счет микрорельефа почвы, присутствия снежного покрова и содержания в животноводческих помещениях вводить не следует.

На территории Красноярского края выявлены участки с дополнительным техногенным загрязнением, как правило это пастбищные участки. Кроме того, стойловому (ночному) содержанию обычно соответствуют иные величины мощности дозы, чем при выпасе. При расчете годовой поглощенной дозы необходимо учесть время нахождения животных на пастбище, формула для расчета дозы внешнего облучения приобретает вид

$$D_{\text{вн}} = D_{\text{вн,пастб}} + D_{\text{вн,стойл}} \quad (1)$$

С учетом продолжительности пастбищного периода (120 дней), разности значений мощности дозы гамма-излучения на пастбищном участке и в стойловом помещении доза облучения в пастбищный период рассчитывается по формуле

$$D_{\text{вн,пастб}} = D_{\text{вн,пастб,день}} + D_{\text{вн,пастб,ночь}} \quad (2)$$

С учетом всех стандартных данных доза внешнего облучения за светлое время суток в пастбищный период будет рассчитываться по формуле

$$D_{\text{вн,пастб,день}} = 1,1 \times 10^{-2} \times (P_{\gamma} \times 10^{-6}) \times 0,93 \times 1440, \quad (3)$$

где P_{γ} – мощность дозы гамма-излучения, мкР/ч;

10^{-6} – пересчет из мкР/час в Гр/ч;

0,93 – коэффициент ослабления гамма-излучения телом животного, отн. ед.;

1440 – время нахождения животного на пастбище, ч.

Для расчета дозы внешнего облучения за пастбищный период в ночное время используется формула

$$D_{\text{вн,пастб,ночь}} = 1,1 \times 10^{-2} \times (P_{\gamma} \times 10^{-6}) \times 0,93 \times 1440. \quad (4)$$

В стойловый период (240 дней) животные постоянно находятся в условиях животноводческого помещения. Дозу внешнего облучения за стойловый период можно рассчитать по формуле

$$D_{\text{вн,стойл}} = 1,1 \times 10^{-2} \times (P_{\gamma} \times 10^{-6}) \times 0,93 \times 5760. \quad (5)$$

Суммарная годовая поглощенная доза внешнего облучения представляет собой сумму доз облучения, рассчитанных по формулам (3), (4), (5).

В Красноярском крае к основным антропогенным радионуклидам, определяющим радиационную опасность пойменных почв, относят ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{239}Pu , ^{240}Pu и ^{241}Am . Основную техногенную опасность в кормах представляют ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs . Изотопы ^{152}Eu , ^{154}Eu и ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am имеют низкую миграционную активность. Изотопов ^{131}I в почвах и кормах не обнаружено.

С учетом радиоэкологической обстановки Красноярского края доза внутреннего облучения складывается из суммы доз техногенных радионуклидов:

$$D_{\text{внутр}} = D_{\text{внутр,Sr90}} + D_{\text{внутр,Cs137}} + D_{\text{внутр,Co60}}.$$

В связи с разной концентрацией ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{60}Co в зеленом корме и грубых кормах правомочно выделить дозы за пастбищный и стойловый периоды, тогда для каждого техногенного изотопа формула приобретет вид: $D_{\text{внутр},i} = D_{\text{внутр},i \text{ пастб}} + D_{\text{внутр},i \text{ стойл}}$.

По данным ВП 13.73.13/12-00 дозы по ^{137}Cs при известной удельной активности в компонентах рациона крупного рогатого скота определяют по таблице, при этом необходимо просуммировать поглощенную дозу гамма- и бета-излучения в теле животного и дозу от содержимого ЖКТ.

Изотопы ^{60}Co и ^{137}Cs принадлежат одной группе, согласно классификации радионуклидов в выбросах предприятий ядерного топливного цикла, ^{60}Co и ^{137}Cs имеют одинаковую миграционную активность и степень равновесности в компонентах агробиотехнозах (по И. Е. Артемовой и др., 1990), поэтому возможно использование таблицы 1 ВП 13.73.13/12-00 для оценки вклада ^{60}Co в годовую дозу внутреннего облучения.

Поглощенная доза в костной ткани от ^{90}Sr определяется соотношением

$$D_{\text{кост}} = \frac{C_t \times M \times f}{m_{\text{кт}}} K \times t,$$

где $D_{\text{кост}}$ – поглощенная доза костной ткани, мГр;

C_t – концентрация ^{90}Sr в компонентах рациона, кБк/кг;

M – масса корма, кг;

f – коэффициент депонирования ^{90}Sr , в костной ткани (0,1);

$m_{\text{кт}}$ – масса костной ткани в организме животного;

K – дозовый коэффициент, мГр/сут, равный для ^{90}Sr 0,0565 (мГр $\times$ кг/кБк);

t – рассматриваемый период, сут.

Для расчета поглощенной дозы от ^{90}Sr используются данные:

M – масса потребляемого корма – 50 кг;

f – коэффициент депонирования – 0,1;

$m_{\text{кт}}$ – масса костной ткани, по данным Д. Л. Левантина, составляет 19 % от массы животного.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В условиях Красноярского края при расчете поглощенных доз облучения крупного рогатого скота

в агробиоценозах, имеющих дополнительную техногенную нагрузку, необходимо учитывать значения мощности дозы гамма-излучения в пастбищный период в дневное и ночное время суток. С учетом радиоэкологической обстановки Красноярского края доза внутреннего облучения складывается из суммы доз ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{60}Co . В связи с разной концентрацией этих радионуклидов в зеленом корме и грубых кормах необходимо при расчетах отдельно учитывать поглощенную дозу за пастбищный и стойловый периоды. Для расчета годовой поглощенной дозы облучения сельскохозяйственных животных в Красноярском крае необходимы следующие данные: среднее значение мощности дозы гамма-излучения на пастбищном участке и животноводческом помещении, удельная активность ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{60}Co в кормах.

Методы математического моделирования для оценки поглощенных доз облучения сельскохозяйственных животных в производственных условиях трудоемки и не всегда приемлемы. Разработка прецизионной программы, моделирующей перенос техногенных радионуклидов по трофической цепи и оценивающей значения поглощенных доз внешнего и внутреннего облучения, является перспективным продолжением настоящей работы.

При использовании методики ВП 13.73.13/12-00 «Обеспечение радиационной безопасности животных и продукции животного происхождения. Оценка доз

облучения сельскохозяйственных животных на территории, загрязненной радионуклидами» для расчета поглощенных доз сельскохозяйственными животными Красноярского края не учитываются особенности радиоэкологической обстановки территории, что изменяет значение суммарной поглощенной дозы.

В условиях Красноярского края расчет поглощенных доз внутреннего облучения крупного рогатого скота в агробиоценозах с техногенным загрязнением необходимо вести по удельной активности ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{60}Co . При расчете внешнего облучения рекомендуется отдельно учитывать дозу, формируемую в стойловый и пастбищный периоды, с выделением дозовой нагрузки в различное время суток.

Предложенная методика по расчету поглощенных доз облучения крупного рогатого скота может быть использована в работе радиологических отделов ветеринарных лабораторий Красноярского края.

Представленная методика учитывает все факторы, формирующие значение поглощенной дозы, это дает возможность использовать методику в других субъектах РФ. При адаптации методики к другим территориям необходимо учесть особенности радиоэкологической обстановки, продолжительность стойлового и пастбищного периодов. Результаты работы значимы как для субъектов РФ, так и для других стран, территория которых была подвержена техногенному радиоактивному загрязнению.

Библиографический список

1. Атлас современной радиационной обстановки на территории Красноярского края. Красноярск: Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края, 2019. 84 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2019 году». Красноярск, 2020. 314 с.
3. Федотова А. С. Миграционная способность техногенных радионуклидов в агробиоценозах лесостепной зоны Красноярского края: монография. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2017. 138 с.
4. Цветнова О. Б., Кононец О. П., Щеглов А. И. Естественные и техногенные радионуклиды в почвах юго-западной части Крымского полуострова // Радиоэкологические последствия радиационных аварий – к 35-й годовщине аварии на ЧАЭС: сборник докладов международной научно-практической конференции. Обнинск, 2021. С. 220–223.
5. Булгаков В. Г., Уваров А. Д., Гниломедов В. Д., Каткова М. Н., Елифанов А. О., Вакуловский С. М. Результаты исследования радиоактивного загрязнения почв Брянской области // Радиоэкологические последствия радиационных аварий – к 35-й годовщине аварии на ЧАЭС: сборник докладов международной научно-практической конференции. Обнинск, 2021. С. 46–48.
6. Богинская А. И. Загрязнение почвенного покрова Брянской области техногенными радионуклидами (^{137}Cs и ^{90}Sr) // Метеорологический вестник. 2018. Т. 10. № 2. С. 28–36.
7. Окунев А. М. Поведение техногенных радионуклидов при переработке молока в творог // Агропродовольственная политика России. 2018. № 3 (75). С. 37–39.
8. Окунев А. М. Особенности перехода техногенных радионуклидов из рациона в молоко и мясо коров при пастбищном содержании на юге Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2018. Вып. 6 (141). С. 250–254.
9. Кормановская Т. А., Ахматдинов Р. Р., Горский Г. А. Итоги 20 лет функционирования Федерального банка данных по дозам природного облучения населения Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14. № 43. С. 112–125. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-112-125.
10. Голиков В. Ю. Анализ долгосрочной динамики доз внешнего облучения населения после Чернобыльской аварии // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11. № 4. С. 39–50. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-39-50.
11. Звонова И. А. Дозы внутреннего облучения у населения префектуры Фукусима вследствие аварии на АЭС Фукусима-Дайичи // Радиационная гигиена. 2020. Т. 14. № 3. С. 98–109. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-3-98-109.

12. Mikailova R. A., Nushtaeva V. E., Spiridonov S. I., Karpenko E. I., Krechetnikov V. V. Estimation and prediction of the population irradiation dose in the vicinity of npp with VVER-1200 // Atomic Energy. 2019. Vol. 127. No. 1. Pp. 56–59. DOI: 10.1007/s10512-019-00584-4.
13. Perevolotskaya T. V., Perevolotskii A. N., Kurachenko Yu. A. Methods of calculating the γ -radiation absorbed dose rate in case of radioactive contamination of meadow biogeocenoses // Atomic Energy. 2020. Vol. 128. No. 2. Pp. 104–114. DOI: 10.1007/s10512-020-00658-8.
14. Переволоцкий А. Н., Переволоцкая Т. В., Спиридонов С. И. Концептуальные положения дозиметрической модели облучения растений биогеоценозов при хронических радиоактивных выпадениях // Радиационная биология. Радиоэкология. 2019. Т. 59. № 1. С. 94–102. DOI: 10.1134/S0869803119010089.
15. Ламзина М. Г., Зенькин А. С. Формирование поглощенных доз при внешнем и внутреннем облучении коров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2010. Т. 202. С. 116–123.
16. Аверин В. С. Формирование поглощенных доз у крупного рогатого скота от внешнего и внутреннего облучения в условиях пастбищного содержания на загрязненной радионуклидами территории // Веснік Мазыр-скага Дзяржаўнага Педагагічнага Ўніверсітэта ім. І. П. Шамякіна. 2015. № 1 (45). С. 3–9.
17. Гулаков А. В., Дроздов Д. Н. Оценка поглощенной дозы внутреннего облучения крупных млекопитающих, обитающих на территории радиоактивного загрязнения // Радиоэкологические последствия радиационных аварий к 35-й годовщине аварии на ЧАЭС: сборник докладов международной научно-практической конференции. Обнинск, 2021. С. 65–67.
18. ICRP Publication 136. Dose coefficients for non-human biota environmentally exposed to radiation. 2017. Vol. 46. No. 2. 139 p.
19. ICRP Publication 89. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values. 2002. Vol. 32. No. 3-4. 282 p.
20. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / Пер с англ. ; под общ. ред. М. Ф. Киселева, Н. К. Шандалы. Москва: Издательство ООО ПКФ «Алана», 2009. 344 с.
21. Beaugelin-Seiller K., Garnier-Laplace J., Gariel J. C., Jasserand F. E. D. E. N. A tool for the estimation of dose coefficients for non-human biota // Radioprotection. 2005. Vol. 40. No. 1. Pp. 921–926.
22. Howard B. J., Beresford N. A., Copplestone D., et al. The IAEA handbook on radionuclide transfer to wildlife // Journal of Environmental Radioactivity. 2013. Vol. 121. Pp. 55–74.
23. Yu C., et al. User's Manual for RESRAD-OFFSITE. Version 2, ANL/EVS/TM/07-1. Argonne: Argonne National Laboratory, 2007. 544 p.
24. Панченко С. В., Блохин П. А., Кизуб П. А., Гаврилина Е. А. Подходы к оценке доз внешнего облучения различных видов биоты // Радиационная биология. Радиоэкология. 2019. Т. 59. № 1. С. 75–81. DOI: 10.1134/S0869803119010077.
25. Титов А. В., Шандала Н. К., Серегин В. А., Филонова А. А., Семенова М. П., Дороньева Т. А. Обеспечение радиационной безопасности биообъектов при реабилитации территорий, загрязненных ^{90}Sr и ^{137}Cs // Радиация и риск. 2019. Т. 28. № 1. С. 82–91. DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-1-82-91.
26. Ракитский В. Н., Бондарева Л. Г., Федорова Н. Е. Расчет дозы облучения для некоторых компонентов пищевой цепочки пресноводной экосистемы реки Енисей в период деятельности предприятия ядерно-топливного цикла – Горно-химического комбината, г. Красноярск // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11 № 3. С. 22–29. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-3-22-29.
27. Modeling radiation exposure and radionuclide transfer for non-human species: Report of the Biota Working Group of EMRAS. Theme 3. Viena: IAEA, 2010. 244 p.
28. Спирин Е. В. Метод расчета доз облучения животных для оценки последствий загрязнения окружающей среды // Радиационная биология. Радиоэкология. 2009. Т. 49. № 5. С. 608–616.
29. ВП 13.73.13/12-00 «Ветеринарные правила обеспечения радиационной безопасности животных и продукции животного происхождения. Оценка доз облучения сельскохозяйственных животных на территории, загрязненной радионуклидами». Москва: ВНИИСХРАЭ, 2000. 17 с.
30. ВП 13.5.13/03-00 «Ветеринарные правила обеспечения радиационной безопасности животных и продукции животного происхождения. Организация государственного ветеринарного радиологического мониторинга объектов ветеринарного надзора в зоне воздействия радиационно-опасных объектов». Москва: ВНИИСХРАЭ, 2001. 36 с.
31. МУ 13.5.13-00 «Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов»: методические указания Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ от 7 августа 2000 г. Документ опубликован не был [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
32. О системе государственного ветеринарного контроля радиоактивного загрязнения объектов ветеринарного надзора в Российской Федерации: положение Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ от 20 февраля 1998 г. (утверждено главным государственным ветеринарным инспектором РФ 12.02.1998)

[Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». Документ опубликован не был.

Об авторах:

Арина Сергеевна Федотова¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Внутренние незаразные болезни, акушерство и физиологии сельскохозяйственных животных», ORCID 0000-0003-1630-2444, AuthorID 708584; +7 902 947-77-56, krasfas@mail.ru

¹ Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

Features of absorbed radiation doses calculation for cattle in the conditions of the Krasnoyarsk krai

A. S. Fedotova¹✉

¹ Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

✉E-mail: krasfas@mail.ru

Abstract. The article provides an adapted methodology of absorbed dose calculation for the cattle from the territories with long-term man-made contamination. The methodology was developed according to existing regulatory documents in the RF: veterinarian rules VR 13.73.13/12-00, VR 13.5.13/03-00, methodical instructions MI 13.5.13-00, regulation for the state veterinarian control system in radioactive contamination of veterinary surveillance objects in the Russian Federation. **The aim** of the work is the development of calculation methodology of absorbed radiation doses for the cattle on the territory with long-term man-made isotopes contamination, taking to the account the radionuclide composition of the soil. **Methods.** The traditional method of analysis has been used to evaluate the regulatory documents governing the calculation of absorbed radiation doses, and theoretically determined the contribution of external and internal radiation to the total absorbed annual dose. An expert analysis of literature sources has been carried out. **Results.** It has been established, that the calculation of external radiation dose needs to be done considering doses in stable and pasture periods. Pasture period dose is a sum of day and night doses considering day length. According to the data of radio ecological situation in Krasnoyarsk krai the internal radiation dose should be calculated as a sum of ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ⁶⁰Co, taking to the account different concentration of these radionuclides in green and coarse fodder. **Scientific novelty.** The methodology of dose calculation for the cattle according to the radio ecological situation in Krasnoyarsk krai has been introduced for the first time. **Practical significance.** This methodology is recommended for the specialists of radiological departments of veterinarian laboratories and science officers in the field of agricultural radiobiology.

Keywords: man-made radionuclides, absorbed dose, gamma-mapping, external radiation, cattle, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ⁶⁰Co, internal radiation.

For citation: Fedotova A. S. Osobennosti rascheta pogloshchennykh doz oblucheniya dlya krupnogo rogatogo skota v usloviyakh Krasnoyarskogo kraya [Features of absorbed radiation doses calculation for cattle in the conditions of the Krasnoyarsk krai] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 77–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-77-86. (In Russian.)

Date of paper submission: 29.10.2021, **date of review:** 08.11.2021, **date of acceptance:** 15.11.2021.

References

1. Atlas sovremennoy radiatsionnoy obstanovki na territorii Krasnoyarskogo kraya [Atlas of contemporary radiation situation in Krasnoyarsk krai]. Krasnoyarsk, 2019. 84 p. (In Russian.)
2. Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy v Krasnoyarskom krae v 2019 godu" [State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk krai in 2019"]. Krasnoyarsk, 2020. 314 p. (In Russian.)
3. Fedotova A. S. Migratsionnaya sposobnost' tekhnogennykh radionuklidov v agrobiotsenozakh lesostepnoy zony Krasnoyarskogo kraya: monografiya [Migration capacity of man-made radionuclides in agro-ecosystems of forest-steppe zone in Krasnoyarsk krai: monograph]. Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2017. 138 p. (In Russian.)
4. Tsvetnova O. B., Kononets O. P., Shcheglov A. I. Estestvennye i tekhnogennye radionuklidy v pochvakh yugo-zapadnoy chasti Krymskogo poluostrova [Natural and man-made radionuclides in south-west soil of Crimean peninsula] // Radioekologicheskie posledstviya radiatsionnykh avariyy – k 35-y godovshchine avarii na ChAES: sbornik dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Obninsk, 2021. Pp. 220–223. (In Russian.)

5. Bulgakov V. G., Uvarov A. D., Gnilomedov V. D., Katkova M. N., Epifanov A. O., Vakulovskiy S. M. Rezul'taty issledovaniya radioaktivnogo zagryazneniya pochv Bryanskoy oblasti [The results of the study of radioactive soil contamination in Bryanskaya oblast] // Radioekologicheskie posledstviya radiatsionnykh avariyy – k 35-y godovshchine avarii na ChAES: sbornik dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Obninsk, 2021. Pp. 46–48. (In Russian.)
6. Boginskaya A. I. Zagryaznenie pochvennogo pokrova Bryanskoy oblasti tekhnogennymi radionuklidami (^{137}Cs i ^{90}Sr) [Soil contamination of Bryanskaya oblast with man-made radionuclides (^{137}Cs and ^{90}Sr)] Meteorologicheskii vestnik. 2018. Vol. 10. No. 2. Pp. 28–36. (In Russian.)
7. Okunev A. M. Povedenie tekhnogennykh radionuklidov pri pererabotke moloka v tvorog [Man-made radionuclides behaviour under milk processing into cottage cheese] // Agro-food policy in Russia. 2018. No. 3 (75). Pp. 37–39. (In Russian.)
8. Okunev A. M. Osobennosti perekhoda tekhnogennykh radionuklidov iz ratsiona v moloko i myaso korov pri pastbishchnom soderzhanii na yuge Tyumenskoy oblasti [Radionuclide transition features from the diet into cattle milk and meat under pasture housing in the south of Tumenskaya oblast] // The Bulletin of KrasGAU. 2018. Vol. 6 (141). Pp. 250–254. (In Russian.)
9. Kormanovskaya T. A., Akhmatdinov R. R., Gorskiy G. A. Itogi 20 let funktsionirovaniya Federal'nogo banka dannykh po dozam prirodnoy oblucheniya naseleniya Rossiyskoy Federatsii [The results of 20 years functioning of Federal data bank of population natural radiation in the Russian Federation] // Radiation Hygiene. 2021. Vol. 14. No. 43. Pp. 112–125. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-112-125. (In Russian.)
10. Golikov V. Yu. Analiz dolgosrochnoy dinamiki doz vneshnego oblucheniya naseleniya posle Chernobyl'skoy avarii [Analysis of the long-term dynamics of external doses of population after the Chernobyl accident] // Radiation Hygiene. 2018. Vol. 11. No. 4. Pp. 39–50. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-39-50. (In Russian.)
11. Zvonova I. A. Dozy vnutrennego oblucheniya u naseleniya prefektury Fukusima vsledstvie avarii na AES Fukushima-Dayichi [Internal radiation doses in population of Fukushima due to the accident in Fukushima-Daiichi nuclear power station] // Radiation Hygiene. 2010. Vol. 14. No. 3. Pp. 98–109. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-3-98-109. (In Russian.)
12. Mikailova R.A., Nushtaeva V.E., Spiridonov S.I., Karpenko E.I., Krechetnikov V.V. Estimation and prediction of the population irradiation dose in the vicinity of npp with VVER-1200 // Atomic Energy. 2019. Vol. 127. No. 1. Pp. 56-59 DOI: 10.1007/s10512-019-00584-4.
13. Perevolotskaya T. V., Perevolotskii A. N., Kurachenko Yu. A. Methods of calculating the γ -radiation absorbed dose rate in case of radioactive contamination of meadow biogeocenoses // Atomic Energy. 2020. Vol. 128. No. 2. Pp. 104–114. DOI: 10.1007/s10512-020-00658-8.
14. Perevolotskiy A. N., Perevolotskaya T. V., Spiridonov S. I. Kontseptual'nye polozheniya dozimetricheskoy modeli oblucheniya rasteniy biogeotsenozov pri khronicheskikh radioaktivnykh vypadeniyakh [Concepts of dosimetry model of ecosystem plants radiation under chronic radioactive fallout] // Radiation Biology. Radioecology. 2019. Vol. 59. No. 1. Pp. 94–102. DOI: 10.1134/S08698031190110089. (In Russian.)
15. Lamzina M. G., Zen'kin A. S. Formirovanie pogloshchennykh doz pri vneshnem i vnutrennem obluchenii korov [Absorbed doses formation under external and internal radiation in cattle] // Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2010. Vol. 202. Pp. 116–123. (In Russian.)
16. Averin V. S. Formirovanie pogloshchennykh doz u krupnogo rogatogo skota ot vneshnego i vnutrennego oblucheniya v usloviyakh pastbishchnogo soderzhanii na zagryaznennoy radionuklidami territorii [Absorbed doses formation in cattle with external and internal radiation under pasture housing on the contaminated with radionuclides territory] // Vesnik Mazyr'skaga Dzyarzhavnaga Pedagogichnaga Wniversiteta im. I. P. Shamyakina. 2015. No. 1 (45). Pp. 3–9.
17. Gulakov A. V., Drozdov. D. N. Otsenka pogloshchennoy dozy vnutrennego oblucheniya krupnykh mlekopitayushchikh, obitayushchikh na territorii radioaktivnogo zagryazneniya [Absorbed dose evaluation of internal radiation of large mammals inhabiting the territory of radiation contamination]. Radioekologicheskie posledstviya radiatsionnykh avariyy – k 35-y godovshchine avarii na ChAES: sbornik dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Obninsk, 2021. Pp. 65–66. (In Russian.)
18. ICRP Publication 136. Dose coefficients for non-human biota environmentally exposed to radiation. 2017. Vol. 46. No. 2. 139 p.
19. ICRP Publication 89. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values. 2002. Vol. 32. No. 3-4. 282 p.
20. Publikatsiya 103 Mezhdunarodnoy Komissii po radiatsionnoy zashchite (MKRZ) [ICRP International Commission on Radiological Protection (ICRP) Publication 103] (Russian ed.: M. F. Kiselev, N. K. Shandala). Moscow, OOO PKF "Alana". 2009. 344 p.
21. Beaugelin-Seiller K., Garnier-Laplace J., Gariel J. C., Jasserand F. E. D. E. N. A tool for the estimation of dose coefficients for non-human biota // Radioprotection. 2005. Vol. 40. No. 1. Pp. 921–926.

22. Howard B. J., Beresford N. A., Copplestone D., et al. The IAEA handbook on radionuclide transfer to wildlife // Journal of Environmental Radioactivity. 2013. Vol. 121. Pp. 55–74.
23. Yu C., et al. User's Manual for RESRAD-OFFSITE. Version 2, ANL/EVS/TM/07-1. Argonne: Argonne National Laboratory, 2007. 544 p.
24. Panchenko S. V., Blokhin P. A., Kizub P. A., Gavrilina E. A. Podkhody k otsenke doz vneshnego oblucheniya razlichnykh vidov bioty [Approaches to evaluation of external radiation doses of biota's different types] // Radiation Biology. Radioecology. 2019. Vol. 59. No. 1. Pp. 75–81. DOI: 10.1134/S0869803119010077. (In Russian.)
25. Titov A. V., Shandala N. K., Seregin V. A., Filonova A. A., Semenova M. P., Doron'eva T. A. Obespechenie radiatsionnoy bezopasnosti bioob"ektov pri reabilitatsii territoriy, zagryaznennykh ^{90}Sr i ^{137}Cs [Radiation safety of bio objects during rehabilitation of the territories contaminated with ^{90}Sr and ^{137}Cs] // Radiation and Risk. 2018. Vol. 28. No. 1. Pp. 82–91. DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-1-82-91. (In Russian.)
26. Rakitskiy V. N., Bondareva L. G., Fedorova N. E. Raschet dozy oblucheniya dlya nekotorykh komponentov pishchevoy tsepochniki presnovodnoy ekosistemy reki Enisey v period deyatel'nosti predpriyatiya yaderno-toplivnogo tsikla – Gorno-khimicheskogo kombinata, g. Krasnoyarsk [Radiation dose calculation for some components of food chain in freshwater ecosystems of the Enisey river during nuclear-fuel cycle of the Mining and Chemical Combine, Krasnoyarsk] // Radiation Hygiene. 2018. Vol. 11. No. 3. Pp. 22–29. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-3-22-29. (In Russian.)
27. Modeling radiation exposure and radionuclide transfer for non-human species: Report of the Biota Working Group of EMRAS. Theme 3. Viena: IAEA, 2010. 244 p.
28. Spirin E. V. Metod rascheta doz oblucheniya zhivotnykh dlya otsenki posledstviy zagryazneniya okruzhayushchey sredy [Calculation method of radiation doses in animals for evaluation of effects of environment contamination] // Radiation Biology. Radioecology. 2019. Vol. 49. No. 5. Pp. 608–616. (In Russian)
29. VP 13.73.13/12-00 “Veterinarnye pravila obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti zhivotnykh i produktsii zhivotnogo proiskhozhdeniya. Otsenka doz oblucheniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh na territorii, zagryaznennoy radionuklidami” [VR 13.73.13/12-00 “Veterinarian rules of ensuring radiation security of cattle and animal production. Radiation doses evaluation of the cattle on the contaminated with radionuclides territory”]. Moscow: VNIISKHRAE, 2000. 17 p. (In Russian.)
30. VP 13.5.13/03-00 “Veterinarnye pravila obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti zhivotnykh i produktsii zhivotnogo proiskhozhdeniya. Organizatsiya gosudarstvennogo veterinarnogo radiologicheskogo monitoringa ob"ektov veterinarnogo nadzora v zone vozdeystviya radiatsionno-opasnykh ob"ektov” [VR 13.5.13/03-00 “Veterinarian rules of ensuring radiation security of cattle and animal production. The organization of state veterinarian radiological monitoring of veterinarian objects in the radiation hazardous facilities zone”]. Moscow: VNIISKHRAE, 2001. 36 p. (In Russian.)
31. MU 13.5.13-00 “Organizatsiya gosudarstvennogo radioekologicheskogo monitoringa agroekosistem v zone vozdeystviya radiatsionno-opasnykh ob"ektov”: metodicheskie ukazaniya Ministerstva sel'skogo khozyaystva i prodovol'stviya RF ot 7 avgusta 2000 g. [MI 13.5.13-00 “State radio ecological monitoring conducting of agro ecosystems in radiation hazardous facilities zone”: methodological instructions of Ministry of Agriculture and Food in RF, August, 7, 2000] [e-resource]. Unpublished. Access from the legal reference system “ConsultantPlus”. (In Russian.)
32. O sisteme gosudarstvennogo veterinarnogo kontrolya radioaktivnogo zagryazneniya ob"ektov veterinarnogo nadzora v Rossiyskoy Federatsii: polozhenie Ministerstva sel'skogo khozyaystva i prodovol'stviya RF ot 20 fevralya 1998 g. (utverzhdeno glavnym gosudarstvennym veterinarnym inspektorom RF 12.02.1998) [On the system of State Veterinary control of radioactive contamination of veterinary Surveillance Facilities in the Russian Federation: Regulations of the Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation dated February 20, 1998 (approved by the Chief State Veterinary Inspector of the Russian Federation on 12.02.1998)] [e-resource]. Access from the legal reference system Consultant Plus. Unpublished. (In Russian.)

Authors' information:

Arina S. Fedotova¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department “Internal non-infectious diseases, obstetrics and physiology of agricultural animals”, ORCID 0000-0003-1630-2444, AuthorID 708584; +7 902 947-77-56, krasfas@mail.ru

¹ Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Оценка ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций Курганской области

Н. Д. Гуценская^{1✉}, М. А. Сумарокова¹, А. В. Ковшова¹

¹ Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева, Лесниково, Россия

✉ E-mail: casic78@yandex.ru

Аннотация. Цель научного исследования состоит в комплексной оценке ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций Курганской области для формирования траектории их развития и определения вклада в сельскохозяйственном производстве региона. **Методы.** Исследование опиралось на использование статистических и эконометрических методов сбора, обработки, моделирования данных. В его основе заложена оценка использования следующих функциональных составляющих ресурсного потенциала: земельного, материально-технического, кадрового, инновационного и финансового. При этом динамическая оценка по каждому подвиду ресурсного потенциала дает представление о тенденции изменения объемов и уровня использования ресурсов, а стохастическая оценка – для выявления взаимосвязи между показателями вложения ресурсов и их отдачи. **Результаты.** Представленная оценка существующих взаимосвязей между количественными и качественными показателями ресурсного потенциала и его подвидов указывают, с одной стороны, на острую нехватку определенных видов ресурсов, с другой стороны, на возрастающую интенсивность их использования без пропорционального уровня отдачи. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о необходимости выработки рычагов управления ресурсным потенциалом сельскохозяйственных организаций, основанных на симбиозе потребностей сельскохозяйственных товаропроизводителей и той территории, на которой они функционируют. **Научная новизна.** Методика научного исследования позволяет объединить несколько способов оценки (динамической и стохастической) в достижении конечного результата, а также оценить эластичность между общим уровнем ресурсоотдачи сельскохозяйственных организаций и показателями эффективности использования основных видов ресурсов. Такой подход дает возможность сформировать очередность действий в обеспечении повышения уровня развития и использования ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций.

Ключевые слова: ресурсный потенциал, сельскохозяйственные организации, оценка, управление ресурсным потенциалом.

Для цитирования: Гуценская Н. Д., Сумарокова М. А., Ковшова Н. В. Оценка ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций Курганской области // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 87–97. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-87-97.

Дата поступления статьи: 22.10.2021, **дата рецензирования:** 29.10.2021, **дата принятия:** 10.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В современных условиях аграрная политика направлена на поддержку малых форм хозяйствования в сельскохозяйственном производстве. Это своевременная и актуальная позиция государства, способная привести к росту эффективности функционирования всего агропромышленного комплекса. Но следует понимать, что среди всех категорий хозяйств сельскохозяйственные организации до сих пор являются оплотом аграрного производства, а для сельских территорий – устроителями определенного уклада жизни местных жителей. Более того, крупные сельскохозяйственные организации являются для мелких форм хозяйствования определенными интеграторами коммерческих связей и отношений. Поэтому обеспечение ресурсной и экономической безопасности

деятельности таких субъектов может стать основой для развития других форм хозяйствования в сельских территориях [3], [7].

Выбор формы и направления развития сельскохозяйственных организаций зависит от имеющихся ресурсов и возможностей их использования. Оценить ресурсный потенциал организаций – значит сформировать почву для выбора траектории развития. Способов и методов такой оценки наука выработала немало, уровень формализации и детализации которых зависит от объекта оценки, периода времени, цели исследования и т. п.

Проблемам формирования и оценки ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций посвящены работы специалистов – экономистов в области аграрного производства И. А. Алтухова, Г. В. Бес-

пахотного, А. А. Бугуцкого, М. К. Букина, А. И. Добрынина, А. А. Дынкина, Н. И. Ерина, Г. Б. Клейнера, А. Д. Семенова, А. Э. Юзefовича, Е. И. Якуба. Среди уральских и сибирских исследователей следует обозначить работы Г. А. Безносова, О. Ю. Воронковой, З. А. Капелюк, И. А. Ковалевой, А. А. Колесник, Д. М. Матвеева, Т. Н. Медведевой, М. Г. Озеровой, Д. В. Палия, П. Е. Подгорбунских, А. С. Пудовикова, А. Л. Пустуева, Н. И. Пыжиковой, Е. В. Рудого, А. Н. Семина, А. Т. Стадника, Л. В. Субботиной, Д. В. Ходос, С. Г. Черновой, С. А. Шелковникова, О. В. Шумаковой и других ученых.

Целью научного исследования является оценка ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций и уровня его использования в определении перспектив развития субъектов хозяйствования. Объектом исследования выступают сельскохозяйственные организации Курганской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Для проведения научного исследования использовались статистические данные Управления Федеральной службы государственности статистики по Свердловской области и Курганской области, данные Департамента АПК Курганской области и ее административных районов. Прикладные исследования опирались на применении статистических методов сбора, обработки данных. Эконометрическое моделирование взаимосвязей проводилось с помощью статистических группировок и корреляционно-регрессионного анализа. Предлагаемая методика оценки включает два подхода: изначально дается динамическая характеристика изменения объема, состава того или иного вида ресурсов, а затем выявляется зависимость между показателями интенсивности и эффективности использования ресурсов [5], [11].

Таблица 1

Взаимосвязь показателей интенсивности и эффективности использования земельного потенциала сельскохозяйственных организаций в среднем за 2016–2020 гг.

Группы по коэффициенту распаханности	Районы	Коэффициент распаханности	Получено продукции растениеводства на 100 га с/х угодий, тыс. руб.	Получено выручки от продаж на 1 га посевов, тыс. руб.
0,450–0,800	Белозерский, Звериноголовский, Далматовский, Каргапольский	0,715	532,9	1188,0
0,801–0,900	Частоозерский, Притобольный, Половинский, Юргамышский, Шатровский, Куртамышский, Петуховский, Шадринский, Лебяжьевский	0,866	904,2	1156,7
0,901–1,0	Макушинский, Целинный, Кетовский, Альменевский, Мишкинский, Щучанский, Варгашинский, Мокроусовский, Шумихинский, Катайский, Сафакулевский	0,952	1140,6	1857,9

Источник: составлено авторами по данным Департамента АПК Курганской области.

Table 1

The relationship between intensity and efficiency indicators use of the land potential of agricultural organizations on average for 2016–2020

Plowing ratio groups	Areas	Plowing ratio	Crop production received per 100 hectares of agricultural land, thousand rubles	Received proceeds from sales per 1 hectare of crops, thousand rubles
0.450–0.800	Belozerskiy, Zverinogolovskiy, Dalmatovskiy, Kargapolskiy	0.715	532.9	1188.0
0.801–0.900	Chastoozerskiy, Pritobolnyy, Polovinskiy, Yurgamyshskiy, Shatrovskiy, Kurtamyshskiy, Petukhovskiy, Shadrinskiy, Lebyazhievskiy	0.866	904.2	1156.7
0.901–1.0	Makushinskiy, Tselinnyy, Ketovskiy, Almenevskiy, Mishkinskiy, Schuchanskiy, Vargashinskiy, Mokrousovskiy, Shumikhinskiy, Katayskiy, Safakulevskiy	0.952	1140.6	1857.9

Source: compiled by the authors based on the data of the Department of Agro-Industrial Complex of the Kurgan region.

Результаты (Results)

Производство сельскохозяйственной продукции осуществляется традиционно с помощью таких видов ресурсов, как труд, земля, капитал. Именно они в совокупности формируют тот вид ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций, использование которого отражается на финансовых показателях функционирования хозяйствующих субъектах и в целом на их эффективности. Но в структуре ресурсного потенциала, помимо земельного, кадрового, материально-технического потенциалов, следует также выделять финансовый и инновационный виды, так как, по мнению ряда исследователей, зачастую они становятся определяющими в обеспечении экономической эффективности функционирования субъектов хозяйствования на селе.

Главным видом ресурсов выступает земля. Площадь сельскохозяйственных угодий в организациях представлена прежде всего пашней, на долю которой приходится около 85 %. Под пашней в организациях в среднем за 2016–2020 гг. находилось около 1 млн га. За анализируемый период отрицательную динамику имеют все виды продуктивных земель. При этом доля сельскохозяйственных угодий в общей площади земельного фонда составляет более 99 %. Нарастание доли посевов является негативным фактором в системе земледелия сельскохозяйственных организаций, т. к. приводит к росту интенсивности использования земли без соответствующего качественного восполнения гумусового слоя.

При увеличении доли посевов сельскохозяйственных культур урожайность остается варибельным показателем, на уровень которой по-прежнему существенное влияние оказывает природно-климатические условия календарного года. Снижение доли паров и низкая дифференциация культур в севообороте не способствуют значительному увеличению их урожайности. Рост среднегодового надоя молока 1 коровы при одновременном снижении среднесуточного прироста живой массы крупного рогатого скота указывает на то, что организации преимущество выращивают животных молочного направления, а значит, уровень использования сенокосов и пастбищ может измениться. При этом за анализируемый период стоимостные показатели эффективности использования земли имеют устойчивую тенденцию роста.

Эффективность использования земельного потенциала неодинакова по районам области и зависит от интенсивности использования продуктивной части земель (таблица 1). Прямая зависимость стоимостных показателей экономической эффективности использования сельскохозяйственных угодий и посевов от уровня распаханности свидетельствует о преимущественно экстенсивном типе наращивания производственных и коммерческих результатов, что приводит к истощению плодородного слоя земель и деградации используемых почв. По последним оценкам, более 80 % земель в области являются слабо- и малогумусированными, что в итоге может негативно сказаться на урожайности выращиваемых культур [8].

Снижающийся уровень земельного потенциала связан с несоблюдением условий обработки и использования продуктивной части земель. Так, большинство организаций использует в растениеводстве узкодифференцированные или моносевообороты, которые не способствуют пополнению питательных элементов в почве и, как итог, приводят к уменьшению удельного выхода продукции [10].

Уровень развития сельского хозяйства во многом определяется техническим оснащением организаций, которое зависит от наличия и объемов приобретения сельскохозяйственной техники и энергетических ресурсов, а также от их качества. С одной стороны, за последние годы произошло значительное сокращение количества сельскохозяйственных машин и оборудования, поступающих в сельскохозяйственные организации, а с другой стороны, закупаемые многофункциональные заграничные комплексы не стали панацеей в обеспечении материально-технической безопасности таковых. Как показали практика и исследования отечественных ученых, именно они становятся причиной продолжающейся деградацией почв, т. к. существенно уплотняют поверхностный слой земель, не позволяя размножаться и развиваться полезной микрофлоре [2], [4], [9].

В итоге все это отражается на показателях использования материально-технической базы организаций. Так, среднегодовая стоимость основных фондов в 2020 г. по сравнению с уровнем 2016 г. увеличилась на 30 %, а стоимость материальных оборотных средств – на 70 %. Но рост стоимости основных фондов и материальной части оборотных средств не привел к существенному росту показателей их эффективности. Уровень фондоотдачи составил менее 1 руб. при отсутствии существенного роста данного показателя в динамике, а коэффициент оборачиваемости материальных оборотных средств уменьшился на 8 %. Такая динамика пока отражает экстенсивные темпы наращивания результатов хозяйствования в ущерб качественным характеристикам.

Проведенная группировка районов Курганской области, отражающая взаимосвязь между темпом роста стоимости основных фондов и показателями эффективности использования материально-технической базы свидетельствует о том, что корреляция между признаками существует, и наращивание стоимости имущества организации приводит к росту эффективности его использования (таблица 2). Но следует учитывать, что такая связь не ограничивается только отобранной системой факторов.

В составе ресурсного потенциала кадровая составляющая вызывает, как правило, большую озабоченность среди сельскохозяйственных организаций области. При существующем оттоке населения численность сельских жителей имеет более высокие темпы снижения. Более того, сельские территории и, следовательно, работодатели теряют прежде всего трудоспособных работников. «Кадровый голод» в сельскохозяйственном производстве зачастую ста-

новится причиной снижения объемов производства и, как следствие, экономической эффективности деятельности хозяйствующих субъектов [1].

Только за последние пять лет (2016–2020 гг.) в сельскохозяйственных организациях Курганской области численность работников уменьшилась на 17 %. Все это привело к тому, что фонд рабочего времени сократился за этот же период на 20 %, при росте продолжительности рабочего дня на 3 %. Коэффициент занятости работников в сельской местности остается высоким, а рост всех показателей производительности труда свидетельствует о возрастающей его интенсивности. На это указывает, с одной стороны, снижение численности работников сельскохозяйственных организаций, а с другой стороны – увеличение продолжительности рабочего дня. Коэффициент соот-

ношения среднегодовой выработки и среднегодовой заработной платы имеет отрицательную динамику, что свидетельствует о том, что темп роста заработной платы опережает темп роста производительности труда.

Проведенная группировка (таблица 3) свидетельствует о том, что при увеличении темпа роста численности работников возрастает среднегодовая выработка. Высокое значение коэффициента эластичности заработной платы и производительности труда в первой группе также может косвенно указывать на высокую интенсивность труда в таких организациях, а более низкое его значение в последующих группах – на первостепенность роста доходов работников, работающих в сельской местности.

Таблица 2

Взаимосвязь показателей интенсивности и эффективности использования материально-технического потенциала сельскохозяйственных организаций в среднем за 2016–2020 гг.

Группы по среднему темпу роста стоимости основных фондов	Районы	Средний темп роста стоимости основных фондов, %	Фондоотдача, руб.	Коэффициент оборачиваемости материальных оборотных средств, раз
70,0–90,0	Катайский, Притобольный, Целинный	82,72	0,91	1,30
91,0–110,0	Макушинский, Альменевский, Каргапольский, Шатровский, Мишкинский, Половинский, Частоозерский, Петуховский, Кетовский, Лебяжьевский, Мокроусовский	101,89	0,72	1,39
111,0–130,0	Щучанский, Шадринский, Юргамышский, Далматовский, Куртамышский, Белозерский, Варгашинский	118,61	0,96	1,45
131,0–160,0	Сафакулевский, Звериноголовский, Шумихинский	158,02	1,29	1,73

Источник: составлено авторами по данным Департамента АПК Курганской области.

Table 2

The relationship between intensity and efficiency indicators use of the material and technical potential of agricultural organizations on average for 2016–2020

Groups by the average growth rate of the value of fixed assets	Areas	Average growth rate of the cost of fixed assets, %	Return on assets, rubles	Material turnover ratio, times
70.0–90.0	Katayskiy, Pritobolnyy, Tselinnyy	82.72	0.91	1.30
91.0–110.0	Makushinskiy, Almenevskiy, Kargapolskiy, Shatrovskiy, Mishkinskiy, Polovinskiy, Chastozerskiy, Petukhovskiy, Ketovskiy, Lebyazhievskiy, Mokrousovskiy	101.89	0.72	1.39
111.0–130.0	Shchuchanskiy, Shadrinskiy, Yurgamyshskiy, Dalmatovskiy, Kurtamyshskiy, Belozerskiy, Vargashinskiy	118.61	0.96	1.45
131.0–160.0	Safakulevskiy, Zverinogolovskiy, Shumikhinskiy	158.02	1.29	1.73

Source: compiled by the authors based on the data of the Department of Agro-Industrial Complex of the Kurgan region.

Взаимосвязь показателей интенсивности и эффективности использования кадрового потенциала сельскохозяйственных организаций в среднем за 2016–2020 гг.

Группы по среднему темпу роста численности работников	Районы	Средний темп роста численности работников	Среднегодовая выработка 1 работника, тыс. руб.	Коэффициент соотношения среднегодовой выработки и среднегодовой заработной платы
60,0–80,0	Притобольный, Альменевский, Макушинский, Каргапольский	73,07	1274,80	1,142
81,0–90,0	Звериноголовский, Петуховский, Юргамышский, Мишкинский, Белозерский, Целинный	87,33	1001,93	1,05
91,0–100,0	Половинский, Лебяжьевский, Шатровский, Далматовский, Частоозерский, Мокроусовский, Шадринский, Куртамышский	95,59	1296,77	1,07
101,0–120,0	Варгашинский, Кетовский, Катайский, Щучанский, Сафакулевский, Шумихинский	113,01	2060,73	1,09

Источник: составлено авторами по данным Департамента АПК Курганской области.

Table 3

The relationship between intensity and efficiency indicators use of human resources of agricultural organizations on average for 2016–2020

Groups by average growth rate of the number of employees	Areas	Average growth rate of the number of employees	Average annual output of 1 employee, thousand rubles	Ratio of average annual output and average annual wages
60.0–80.0	Pritobolnyy, Almenevskiy, Makushinskiy, Kargapolskiy	73.07	1274.80	1.142
81.0–90.0	Zverinogolovskiy, Petukhovskiy, Yurgamyshskiy, Mishkinskiy, Belozerskiy, Tselinnyy	87.33	1001.93	1.05
91.0–100.0	Polovinskiy, Lebyazhievskiy, Shatrovskiy, Dalmatovskiy, Chastnoozerskiy, Mokrousovskiy, Shadrinskiy, Kurtamyshskiy	95.59	1296.77	1.07
101.0–120.0	Vargashinskiy, Ketovskiy, Katayskiy, Schuchanskiy, Safakulevskiy, Shumikhinskiy	113.01	2060.73	1.09

Source: compiled by the authors based on the data of the Department of Agro-Industrial Complex of the Kurgan region.

Источником роста экономической эффективности сельскохозяйственного производства может и должен стать инновационный потенциал сельскохозяйственных организаций. Но статистика и официальная отчетность пока не выработали системы показателей, позволяющей всесторонне охарактеризовать инновационную привлекательность сельскохозяйственного производства. Поэтому для характеристики данного вида потенциала используют, помимо прямых, косвенные или опосредованные показатели.

Проведенная оценка использования инновационного потенциала свидетельствует о низком значении доли затрат на элитное семеноводство в растениеводстве и доли племенных животных в основном поголовье скота. Но несмотря на это, показатели имеют тенденцию к увеличению, что является подтверждением реализации программ государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей, действующих в регионе.

Группировка районов по соотношению коэффициента роста стоимости валовой продукции и стоимости основных фондов (таблица 4) не выявила взаимосвязи с долей затрат на элитное семеноводство и долей племенных животных в общем поголовье стада. Такая ситуация свидетельствует о том, что инновации – это пока «случайная детерминанта» в сельском хозяйстве и не характеризует инновационный потенциал как явление, имеющее определенную тенденцию [6], [13]. Но с другой стороны, данная группировка позволила выявить ряд районов, занимающих лидирующие позиции по элитному семеноводству и племенному животноводству.

Финансовый потенциал организаций, а также их устойчивость во многом зависят от оптимальной структуры источников капитала, соотношения собственных и заемных средств, основных и оборотных средств, а также от уравновешенности этих показателей.

Таблица 4

Взаимосвязь показателей интенсивности и эффективности использования инновационного потенциала сельскохозяйственных организаций в среднем за 2016–2020 гг.

Экономика

Группы по соотношению коэффициента роста стоимости валовой продукции и стоимости основных фондов	Районы	Соотношение коэффициента роста стоимости валовой продукции и стоимости основных фондов	Доля затрат на элитное семеноводство	Доля племенных животных в основном поголовье стада
0–0,25	Звериноголовский, Шумихинский, Петуховский, Белозерский	0,12	1,46	0,11
0,26–0,50	Юргамышский, Макушинский, Катайский	0,36	7,01	0,20
0,51–0,75	Притобольный, Сафакулевский, Мокроусовский, Шадринский, Куртамышский, Частоозерский, Далматовский	0,66	1,12	0,16
0,76–1,10	Кетовский, Варгашинский, Мишкинский, Целинный, Каргапольский	1,02	1,05	0,04
1,11–1,70	Шатровский, Щучанский, Половинский, Лебяжьевский, Альменевский	1,51	2,39	0,15

Источник: составлено авторами по данным Департамента АПК Курганской области.

Table 4

The relationship between intensity and efficiency indicators use of the innovative potential of agricultural organizations on average for 2016–2020

Groups by the ratio of the growth rate of the value of gross production and the value of fixed assets	Areas	The ratio of the growth rate of the value of gross output and the value of fixed assets	Share of costs for elite seed production	The share of breeding animals in the main livestock of the herd
0–0.25	Zverinogolovskiy, Shumikhinskiy, Petukhovskiy, Belozerskiy	0.12	1.46	0.11
0.26–0.50	Yurgamyshskiy, Makushinskiy, Katayskiy	0.36	7.01	0.20
0.51–0.75	Pritobolnnyy, Safakulevskiy, Mokrousovskiy, Shadrinskiy, Kurtamyshskiy, Chastoozerskiy, Dalmatovskiy	0.66	1.12	0.16
0.76–1.10	Ketovskiy, Vargashinskiy, Mishkinskiy, Tselimnyy, Kargapolskiy	1.02	1.05	0.04
1.11–1.70	Shatrovskiy, Schuchanskiy, Polovinskiy, Lebyazhievskiy, Almenevskiy	1.51	2.39	0.15

Source: compiled by the authors based on the data of the Department of Agro-Industrial Complex of the Kurgan region.

В целом сельскохозяйственные организации обладают нормальным уровнем финансовой независимости и наращивают долю долгосрочного капитала для функционирования хозяйственной деятельности. Динамика показателей платежеспособности положительна и свидетельствует о том, что оборотные активы организаций в 2 и более раз превышают краткосрочные обязательства. Следовательно, сельскохозяйственные организации в целом обладают необходимым уровнем платежеспособности [12].

Группировка районов по коэффициенту финансовой независимости свидетельствует о взаимосвязи с коэффициентами платежеспособности и уровнем рентабельности совокупного капитала (таблица 5). Небольшая доля районов региона находится в зоне риска по группировочному признаку, что негативно отражается на уровне платежеспособности и рентабельности капитала. В целом увеличение коэффициента финансовой независимости положительно влияет на зависимые показатели.

Взаимосвязь показателей интенсивности и эффективности использования финансового потенциала сельскохозяйственных организаций в среднем за 2016–2020 гг.

Группы по коэффициенту финансовой независимости	Районы	Коэффициент финансовой независимости	Коэффициент платежеспособности	Уровень рентабельности совокупного капитала, %
0,100–0,300	Сафакулевский, Звериноголовский	0,172	0,871	–4,249
0,301–0,500	Мишкинский, Лебяжье-вский	0,420	0,982	5,982
0,501–0,700	Петуховский, Макушинский, Половинский, Варгашинский, Катайский, Каргапольский, Далматовский, Юргамышский, Притобольный, Кетовский, Шадринский, Щучанский, Альменевский	0,585	1,057	6,952
0,701–0,900	Частоозерский, Мокроусовский, Шумихинский, Белозерский, Куртамышский, Шатровский, Целинный	0,803	1,252	8,618

Источник: составлено авторами по данным Департамента АПК Курганской области.

Economy

Table 5
The relationship between intensity and efficiency indicators use of the financial potential of agricultural organizations on average for 2016–2020

Groups by financial independence ratio	Areas	Financial independence ratio	Solvency ratio	Return on total capital, %
0.100–0.300	Safakulevskiy, Zverinogolovskiy	0.172	0.871	-4.249
0.301–0.500	Mishkinskiy, Lebyazhievskiy	0.420	0.982	5.982
0.501–0.700	Petukhovskiy, Makushinskiy, Polovinskiy, Vargashinskiy, Katayskiy, Kargapolskiy, Dalmatovskiy, Yurgamyshskiy, Pritobolnyy, Ketovskiy, Shadrinskiy, Shchuchanskiy, Almenevskiy	0.585	1.057	6.952
0.701–0.900	Chastoozerskiy, Mokrousovskiy, Shumikhinskiy, Belozerskiy, Kurtamyshskiy, Shatrovskiy, Tselinnyy	0.803	1.252	8.618

Source: compiled by the authors based on the data of the Department of Agro-Industrial Complex of the Kurgan region.

Согласно проведенному исследованию, ресурсный потенциал сельскохозяйственных организаций требует количественных и качественных преобразований. С одной стороны, для них по-прежнему острым является вопрос наращивания материально-технической базы, трудовых ресурсов, а с другой стороны – конкуренция, требования рынка, внешней среды требуют переосмысления формы и уровня использования тех или иных ресурсов.

Но для обеспечения эффективного развития сельскохозяйственных организаций в долгосрочной перспективе необходимо, чтобы экстенсивные факторы развития ресурсного потенциала были в подчинении интенсивных. Как показывает проведенный множественный корреляционно-регрессионный анализ, между уровнем ресурсоотдачи и показателями эффективности использования основных видов произ-

водственных ресурсов (X_1 – фондоотдача; X_2 – коэффициент оборачиваемости оборотных средств; X_3 – среднегодовая выработка 1 работника; X_4 – выручка от продаж на 1 га сельскохозяйственных угодий) факторы очень тесно взаимодействуют между собой (таблица 6). Вариация факторных признаков более чем на 87 % объясняет вариацию результативного показателя. При этом уровень ресурсоотдачи более «отзывчив» к изменению показателей эффективности использования материально-технической базы и находится с ними в прямой зависимости. А вот изменение уровня эффективности использования труда и земли практически не приводит к изменению уровня ресурсоотдачи. Все это подтверждает тот факт, что качественные преобразования в сельскохозяйственном производстве требуются в использовании земли и труда человека.

Таблица 6

Результаты множественного корреляционно-регрессионного анализа взаимосвязи признаков

Показатель	Значение
Уравнение регрессии	$Y = 5,86 + 11,45X_1 + 41,15X_2 - 0,003X_3 - 0,25X_4$
Коэффициент эластичности по:	
фактору X_1	0,351
фактору X_2	0,703
фактору X_3	0,091
фактору X_4	0,043
Критерий Фишера:	
фактический	60,74
теоретический	2,51
Коэффициент корреляции	0,934
Коэффициент детерминации	0,874

Источник: составлено по расчетам авторов.

Table 6

Results of multiple correlation and regression analysis of the relationship of features

Index	Value
Regression equation	$E = 5,86 + 11,45X_1 + 41,15X_2 - 0,003X_3 - 0,25X_4$
Elasticity coefficient for:	
factor X_1	0.351
factor X_2	0.703
factor X_3	0.091
factor X_4	0.043
Fisher's criterion:	
actual	60.74
theoretical	2.51
Correlation coefficient	0.934
Determination coefficient	0.874

Source: compiled according to the authors' calculations.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, в развитии ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций должны быть задействованы все рычаги воздействия – от внутренних до внешних и общегосударственных. Индикаторы развития аграрной отрасли территории (региона, страны) должны учитывать уровень развития сельскохозяйственных товаропроизводителей, их ресурсный потенциал и возможности его использования. Ресурсный потенциал, ресурсоотдача сельскохозяйственных организаций и других субъектов хозяйствования в сельской местности не должны стать опосредован-

ной величиной в показателях развития сельскохозяйственного производства региона или страны. Как в любой рыночной экономике, достижение конечных результатов требует определенных вложений в факторы производства [14], [15]. Поэтому государственные программы по поддержке аграрного сектора страны должны быть сопоставимы с потребностями сельскохозяйственных товаропроизводителей по воспроизводству основных видов ресурсов и их использованию, с потребностями и возможностями территорий, на которых они функционируют.

Библиографический список

1. Воронин Б. А., Чупина И. П., Воронина Я.В. Человеческий капитал как основа развития аграрной организации // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3 (182). С. 52–57.
2. Иовлев Г. А. Оценка состояния технического потенциала сельскохозяйственных организаций Российской Федерации // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 11. С. 64–71.
3. Кузнецова О., Мельгуй А., Дворецкая Ю. Стимулирование социально-экономического развития сельского хозяйства России // АПК: экономика, управление. 2018. № 8. С. 19–26.
4. Мазитов Н. К., Сибгатуллин Ф. С., Сахапов Р. Л. Российская техника и технология гарантирования продовольственной независимости и жизнеобеспечения // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 3 (39). С. 67–72.
5. Мухина Е. Г. Методика оценки ресурсного потенциала сельских территорий // Аграрный вестник Урала. 2017. № 11. С. 78–82.
6. Набоков В. И., Некрасов К. В. Управление инновационной деятельностью организаций АПК в современных условиях // Агропродовольственная политика России. 2017. № 1 (61). С. 30–32.

7. Неганова В. П., Чистяков Ю. Ф., Дрокин В. В., Журавлев А. С., Седельников В. М. Конкурентоспособность региональных агропродовольственных систем. Теоретический обзор // Экономика региона. 2021. Т. 17. Вып. 1. С. 329–353. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-25.
8. Окунев Г. А., Кузнецов Н. А., Канатпаев С. С. Формирование ресурсосберегающей системы органического земледелия // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 2 (38). С. 69–75.
9. Семин А. Н., Иовлев Г. А. Сравнительный анализ эффективности функционирования отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 5. С. 17–21.
10. Синявский И. В., Плотников А. М., Созинов А. В., Гущенская Н. Д. Оценка зависимости урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте от применения сапропелей, извести, азотного и фосфорного удобрения // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 3 (39). С. 13–20.
11. Сумарокова М. А. Методика интегральной оценки ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций региона // Аграрный вестник Урала. 2020. № 10 (201). С. 84–100.
12. Трухачев В. И., Складов И. Ю., Складова Ю. М. Современные финансово-экономические проблемы развития аграрного сектора экономики России и пути их решения // Вестник Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством). Экономические науки. 2019. № 3 (51). С. 53–60.
13. Gushchenskaya N. D., Paliy D. V., Sumarokova M. A., Yesembekova A. U., Anfalova A. Yu., Pavlutsikh M. V. Assessment of investment attractiveness based on production resource for Kurgan region of Russia // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. Vol. 11. No. 14. Article number 11A13N.
14. Khudyakova E. V., Gorbachev M. S., Nifontova E. A. Improving the efficiency of agro-industrial complex management based on digitalization and system approach // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. Article number 012079. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012079.
15. Roznina N., Karpova M., Shulgina A., Borovinskikh V., Volkova A. Agricultural development of the Kurgan region in modern conditions // E3S WEB of conferences “International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations”, FARBA 2021. Orel, 2021. Article number 10001.

Об авторах:

Наталья Дмитриевна Гущенская¹, кандидат экономических наук, заведующая кафедрой экономической безопасности, учета и финансов, ORCID 0000-0003-1220-6084, AuthorID 30717; +7 906 883-87-63, casic78@yandex.ru

Марина Анатольевна Сумарокова¹, старший преподаватель, ORCID 0000-0002-6139-9970, AuthorID 935108; +7 961 752-87-00, marina1512_93@mail.ru

Алина Владимировна Ковшова¹, аспирант, ORCID 0000-0001-6208-9010, AuthorID 1127905; +7 963 439-92-80, kovshova-1991@mail.ru

¹ Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева, Лесниково, Россия

Assessment of the resource potential of agricultural organizations in the Kurgan region

N. D. Gushchenskaya¹✉, M. A. Sumarokova¹, A. V. Kovshova¹

¹ Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, Lesnikovo, Russia

✉ E-mail: casic78@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research is to comprehensively assess the resource potential of agricultural organizations in the Kurgan region to form the trajectory of their development and determine the contribution to agricultural production in the region. **Methods.** The study was based on the use of statistical and econometric methods for collecting, processing, modeling data. It is based on the assessment of the use of the following functional components of the resource potential: land, material and technical, personnel, innovation and financial. At the same time, the dynamic assessment for each subspecies of the resource potential gives an idea of the trend in the volume and level of resource use, and the stochastic assessment – to identify the relationship between the indicators of resource investment and their return. **Results.** The presented assessment of the existing relationships between the quantitative and qualitative indicators of the resource potential and its subspecies indicate, on the one hand, an acute shortage of certain types of resources, and, on the other hand, an increasing intensity of their use without a proportional level of return. The study allows us to conclude that it is necessary to develop levers for managing the resource potential of

agricultural organizations based on the symbiosis of the needs of agricultural producers and the territory in which they operate. **Scientific novelty.** The research methodology allows combining several methods of assessing (dynamic and stochastic) in achieving the final result, as well as assessing the elasticity between the general level of resource productivity of agricultural organizations and indicators of the efficiency of using the main types of resources. This approach makes it possible to form a sequence of actions to ensure an increase in the level of development and use of the resource potential of agricultural organizations.

Keywords: resource potential, agricultural organizations, assessment, resource potential management.

For citation: Gushchenskaya N. D., Sumarokova M. A., Kovshova A. V. Otsenka resursnogo potentsiala sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy Kurganskoy oblasti [Assessment of the resource potential of agricultural organizations in the Kurgan region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 87–97. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-87-97. (In Russian.)

Date of paper submission: 22.10.2021, **date of review:** 29.10.2021, **date of acceptance:** 10.11.2021.

References

1. Voronin B. A., Chupina I. P., Voronina Ya. V. Chelovecheskiy kapital kak osnova razvitiya agrarnoy organizatsii [Human capital as the basis for the development of an agrarian organization] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 3 (182). Pp. 52–57. (In Russian.)
2. Iovlev G. A. Otsenka sostoyaniya tekhnicheskogo potentsiala sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy Rossiyskoy Federatsii [Assessment of the state of the technical potential of agricultural organizations of the Russian Federation] // Economics of Agriculture of Russia. 2019. No. 11. Pp. 64–71. (In Russian.)
3. Kuznetsova O., Melguy A., Dvoretzkaya Yu. Stimulirovanie sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya sel'skogo khozyaystva Rossii [Stimulating the socio-economic development of agriculture in Russia] // AIC: economics, management. 2018. No. 8. Pp. 19–26. (In Russian.)
4. Mazitov N. K., Sibagatullin F. S., Sakhapov R. L. Rossiyskaya tekhnika i tekhnologiya garantirovaniya prodovol'stvennoy nezavisimosti i zhiznesokhraneniya [Russian technique and technology for guaranteeing food independence and life preservation] // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2021. No. 3 (39). Pp. 67–72. (In Russian.)
5. Mukhina E. G. Metodika otsenki resursnogo potentsiala sel'skikh territoriy [Methodology for assessing the resource potential of rural areas] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 11. Pp. 78–82. (In Russian.)
6. Nabokov V. I., Nekrasov K. V. Upravlenie innovatsionnoy deyatel'nost'yu organizatsiy APK v sovremennykh usloviyakh [Management of innovative activity of agro-industrial complex organizations in modern conditions] // Agro-food policy in Russia. 2017. No. 1 (61). Pp. 30–32. (In Russian.)
7. Neganova V. P., Chistyakov Yu. F., Drokin V. V., Zhuravlev A. S., Sedelnikov V. M. Konkurentosposobnost' regional'nykh agroprodovol'stvennykh sistem. Teoreticheskiy obzor [Competitiveness of regional agro-food systems. Theoretical overview] // Economy of Regions. 2021. Vol. 17. No. 1. Pp. 329–353. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-25. (In Russian.)
8. Okunev G. A., Kuznetsov N. A., Kanatpaev S. S. Formirovanie resursoberegayushchey sistemy organicheskogo zemledeliya [Formation of a resource-saving system of organic farming] // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2021. No. 2 (38). Pp. 69–75. (In Russian.)
9. Semin A. N., Iovlev G. A. Sravnitel'nyy analiz effektivnosti funktsionirovaniya otechestvennoy i zarubezhnoy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Comparative analysis of the efficiency of functioning of domestic and foreign agricultural machinery] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2018. No. 5. Pp. 17–21. (In Russian.)
10. Sinyavsky I. V., Plotnikov A. M., Sozinov A. V., Gushchenskaya N. D. Otsenka zavisimosti urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v sevooborote ot primeneniya sapropeley, izvesti, azotnogo i fosfornogo udobreniya [Assessment of the dependence of the yield of agricultural crops in crop rotation on the use of spropels, lime, nitrogen and phosphorus fertilizers] // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2021. No. 3 (39). Pp. 13–20. (In Russian.)
11. Sumarokova M. A. Metodika integral'noy otsenki resursnogo potentsiala sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy regiona [Methodology for the integral assessment of the resource potential of agricultural organizations in the region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 10 (201). Pp. 84–100. (In Russian.)
12. Trukhachev V. I., Sklyarov I. Yu., Sklyarova Yu. M. Sovremennye finansovo-ekonomicheskie problemy razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki Rossii i puti ikh resheniya [Modern financial and economic problems of the development of the agrarian sector of the Russian economy and ways to solve them] // Bulletin Peoples' Friendship Institute of the Caucasus (The Economy and National Economy Management). Economic Sciences. 2019. No. 3 (51). Pp. 53–60. (In Russian.)
13. Gushchenskaya N. D., Paliy D. V., Sumarokova M. A., Yesembekova A. U., Anfalova A. Yu., Pavlutsikh M. V. Assessment of investment attractiveness based on production resource for Kurgan region of Russia // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. Vol. 11. No. 14. Article number 11A13N.

14. Khudyakova E. V., Gorbachev M. S., Nifontova E. A. Improving the efficiency of agro-industrial complex management based on digitalization and system approach // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. Article number 012079. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012079.

15. Roznina N., Karpova M., Shulgina A., Borovinskikh V., Volkova A. Agricultural development of the Kurgan region in modern conditions // E3S WEB of conferences “International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations”, FARBA 2021. Orel, 2021. Article number 10001.

Authors' information

Natalya D. Gushchenskaya¹, candidate of economic sciences, head of the department of economic security, accounting and finance, ORCID 0000-0003-1220-6084, AuthorID 30717; +7 906 883-87-63, *casic78@yandex.ru*

Marina A. Sumarokova¹, senior lecturer, ORCID 0000-0002-6139-9970, AuthorID 935108; +7 961 752-87-00, *marina1512_93@mail.ru*

Alina V. Kovshova¹, postgraduate, ORCID 0000-0001-6208-9010, AuthorID 1127905; +7 963 439-92-80, *kovshova-1991@mail.ru*

¹ Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, Lesnikovo, Russia

State development institutions as the basis of the developed institutional environment of the national agro-industrial complex

O. A. Rushchitskaya¹, A. O. Zagurskiy¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: Zagurskiy-ao@yandex.ru

Abstract. The purpose of this article is to study the problems of identification of state development institutions in the agricultural and industrial complex, as an element of the institutional environment, as an integral part of the system of development of the national economy through state regulation of strategic development processes in the agro-industrial complex. **Methods** of abstraction, analysis and synthesis were used in the course of the study. **Results and practical significance.** The author's research of the state regulation of the development of the national agro-industrial complex is presented in the context of the study of state programs as a form of state development institution that ensures the effective functioning of the institutional environment. **The scientific novelty of the research** is presented by the author's non-standard approach to the identification of state development institutions in the agro-industrial complex, the author's vision of the structure of the institutional environment for the development of the agro-industrial complex is presented, based on traditional approaches of institutionalism, two main systems of the development of the agro-industrial complex are derived, formed by the institutional environment, which in interaction form a system of strategic regulation of the national agro-industrial complex.

Keywords: state development institutions in the agricultural and industrial complex, institutional environment, state regulation of agriculture, strategic regulation, state programs, development system.

For citation: Rushchitskaya O. A., Zagurskiy A. O. State development institutions as the basis of the developed institutional environment of the national agro-industrial complex // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 98–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-98-102. (In Russian.)

Date of paper submission: 25.10.2021, **date of review:** 05.11.2021, **date of acceptance:** 11.11.2021.

Introduction

The problem of solving the issue of the development of such an important structure of the national economy as the agro-industrial complex, without taking into account such a scientific category as the "institutional environment" is not possible. The importance of this scientific category as an "institutional environment" is explained by the fact that the development of the state and regions is conditioned by active processes of institutional transformation and changes. From the standpoint of institutional economics, the institutional environment is characterized by a whole set of categories such as norms, rules, procedures, sets of unwritten rules [1, p. 7]. From the point of view of economic and economic relations, the institutional environment is a system of legislatively approved and informal rules that affect production and exchange processes, which affects the efficiency of the functioning of economic entities [6, p. 81].

From the point of view of state regulation, the institutional environment is a set of formalized tools and mechanisms in which an economic entity carries out its activities.

The formation of an effective system of state regulation of agriculture is directly related to the development of certain institutional mechanisms [9, p. 50]. Moreover, the increase in this efficiency is associated with an increase in competitiveness due to the implementation of a system of measures to consistently improve efficiency within the framework of a unified strategy for the development of the agro-food system [10, p. 640].

The state, exercising regulatory functions, is at the highest level of constitutional rules, being the basis of the political, legal and economic system, defines universal rules [7, p. 103].

The state, realizing its tasks of regulating the agro-industrial complex, provides the necessary support in ensuring the competitiveness of the products of the national manufacturer and, as a result, to import substitution [14, p. 33].

By influencing individual instruments and mechanisms of the institutional environment, the state thereby performs its functions as the main regulator of socio-economic processes, thereby exerting a stimulating effect [15, p. 8].

The built effective institutional environment forms individual incentives for economic entities, contributes to the formation of their resource base and modernization of production, increases the efficiency of their interaction processes with each other.

Nevertheless, despite the significant efforts of the state to form a favorable institutional environment, modern development conditions are characterized by a high level of uncertainty of the institutional environment [3, p. 134].

Methods

Methods of abstraction, analysis and synthesis were used in the course of the study. The author presents the structure of the institutional environment for the development of the agricultural and industrial complex, identifies the role of institutions and the development systems formed by them, which, in interaction with each other, form an integral system of strategic regulation. The author's position on the identification of state development institutions in the agricultural and industrial complex as the main component of the institutional environment is presented. In the study of the institutional environment in the agro-industrial complex, the author relies on the traditional approaches of institutionalism formed by D. North [17].

Results

Studying the issue of tools and mechanisms of the institutional environment in the process of state regulation of the agro-industrial complex (hereinafter referred to as the AIC), it is necessary to understand the structure of the relevant institutional environment. The structure of the institutional environment of the agro-industrial complex

includes both formal and informal institutions that form two development systems: regulatory and directive and evolutionary. The structure of the institutional environment in the author's view is shown in Fig. 1.

In relation to this study, we consider the institutional structure in the agro-industrial complex as accepted norms and rules formed under the influence of state regulation and public interaction.

To understand the regulatory impact of state institutions, it is necessary to take into account the influence of the environment in which economic entities are immersed [5, p. 117].

The evolutionary system of development is formed under the influence of the objectively existing external environment, the level of development of society, the "rules of the game" formed in society. It is characterized by sufficient stability and not variability relative to the historical period.

The evolutionary system of development is formed under the influence of the interaction of such institutions as business customs, traditions, restrictions accepted in society.

The regulatory and directive system of development is formed under the influence of formal, state institutions. This development system is formed under the influence of the processes of state regulation of the AIC. Regulatory legal acts and development programs issued by state institutions in the process of regulating the economy form the appropriate levers through which the state exercises its regulatory functions in relation to the AIC.

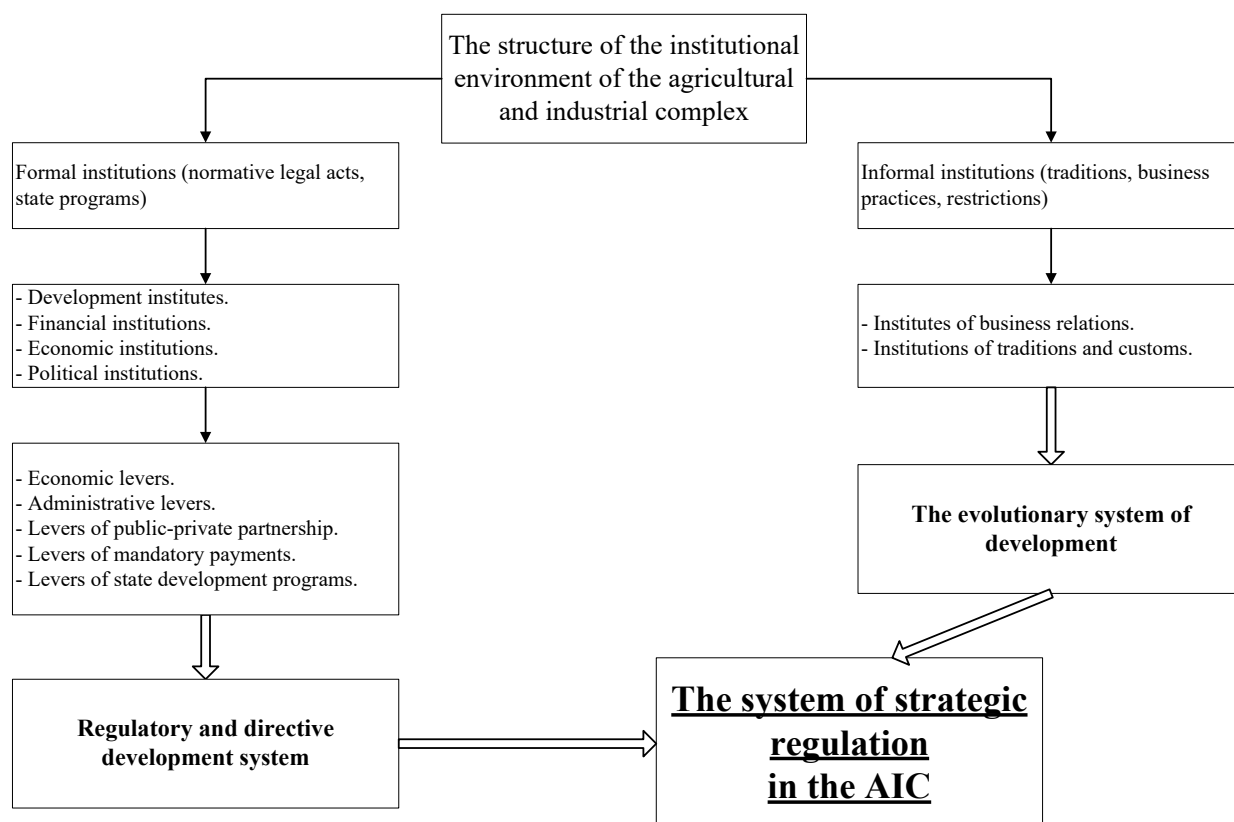


Fig. 1. Structure of the institutional environment of the Agro-Industrial Complex

The presence of regulatory levers is the main distinguishing feature of the regulatory and directive system of development from the evolutionary one.

The presence of appropriate regulatory levers gives state institutions a special status, which can be described as a system of state institutional regulation of AIC.

The interaction of the two development systems (as an initial hypothesis of this interaction, we use the Helmke – Levitsky typology) form an integral system of strategic regulation. In the system of strategic regulation, the leading and dominant role is played by the regulatory and directive regulatory system, that is, state institutions. The evolutionary system of development and its bearer informal institutions form an external (basic) environment in which the levers of formal institutions are used.

In the system of strategic regulation of the development of agricultural industries, the most important place is occupied by state development institutions. From the point of view of regulatory impact on economic processes, state development institutions (hereinafter referred to as SDI) represent state development programs, extra-programmatic activities.

Modern authors note that the main mechanisms of state regulation of priority areas of the AIC are implemented within the framework of sectoral state programs [12, p. 110].

A number of authors, describing the paradigm of SDI functioning, distinguish the following characteristic features of SDI [2, p. 231]:

- 1) SDI act within the framework of the strategic planning measures taken, defined by regulatory legal acts that are aimed at solving tasks to achieve strategic development goals;
- 2) SDI are subordinate to executive authorities (federal, regional, local) and represent an instrumental expression of their powers exercised by these bodies;
- 3) the management of the SDI is carried out by collegial management bodies exercising the authority to allocate funds and relevant mandates;
- 4) SDI are designed to solve a relatively limited range of tasks and are poorly coordinated among themselves.

In the scientific and professional environment, development institutions are commonly understood as organizations and institutions subordinate to government authorities, international organizations, and public associations. With regard to the agro-industrial complex, such organizations and institutions can be attributed to the Peasant Land Bank established in 1882 and operating until 1917. The modern ones include such organizations as Rosagroleasing Joint Stock Company, regional centers of competence in the field of agricultural cooperation and support for farmers.

However, from the perspective of strategic state regulation in the institutional environment, we take a different approach to the classification of development institutions, including SDI.

In our understanding, the SDI has a broader scope for understanding and represents the policy directions estab-

lished and implemented by the state to achieve the set goals. Such institutions include state programs for the development of AIC.

At the same time, the role of state organizations and institutions should be reduced to the functions of an institutional agent for the implementation of the tasks of state development programs.

Thus, the institutional environment of state regulation of agriculture is the interaction of state development institutions and institutional agents.

As an example of such interaction, Table 1 presents state institutions for the development of AIC and institutional agents interacting with it, as well as objects of their influence.

As can be seen from Table 1, SDI in the AIC can be divided into different levels and categories, depending on the scale and objects of their impact. The complexity and dynamism of their structure forms the SDI system in AIC, as an integral part of the strategic development system in the agro-industrial complex.

The interaction of SDI and institutional agents is defined by some authors as the relationship between institutional participants in the process, the basis of the mechanism of which is the relationship based on the principle of systemic vision [4, p. 69].

The structure of the SDI system in the AIC depends on the center of the development initiative. Thus, in the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets, the federal authorities are the center of the initiative, but the implementation of this program is transferred to regional and local levels through the implementation of relevant programs at the regional and local levels.

As an example of such a form of organization, we can cite the SME support program implemented by the Ministry of Economic Development of Russia jointly with the state authorities of the regions, which is distinguished by the multi-channel system of financial support for SME [8, p. 3].

Another example of such a form of organization is the regional project “Creating support for farmers and entrepreneurship in the Sverdlovsk region” developed by the Ministry of Agriculture and Consumer Market of the Sverdlovsk region, which includes activities similar to the federal project of the same name. This project is a direct component of the state program “Development of the agro-industrial complex and consumer market of the Sverdlovsk region until 2024” [11, p. 76].

National projects in the AIC represent a project form of state regulation of the development processes of the industry, both at the micro and macro levels [16, p. 75].

The effectiveness of state programs and, as a consequence, the SDI system in the AIC largely depends on the consistency of the directions and measures of state regulation with the priorities of strategic development [13, p. 52].

Institutional agents, as well as SDI, are divided into levels and categories. So, depending on the center of the

SDI initiative, institutional agents can be both at the federal level (federal executive authorities, federal services, state corporations of the federal level, etc.) and at the regional and local levels (regional executive authorities, municipal authorities, regional and municipal services, etc.).

The objects of the impact of SDI in the AIC are quite wide and heterogeneous areas to which the process of interaction between SDI and institutional agents is directed. The objects of influence can be economic processes in the AIC (agricultural production in general, investment processes and their activity in AIC, procedures for exporting agricultural products of a national manufacturer), individual segments and categories of producers (representatives of SME in the AIC, small forms of management), processes of technological development and improvement of the quality of products, rural areas.

Thus, the institutional environment for the development of the national AIC is largely formed due to the interaction of a dynamic and multi-level SDI system in the AIC aimed at solving development problems.

Discussion and Conclusion

The institutional environment for the development of the AIC is a relatively traditional structure consisting of formal and informal institutions. Informal institutions, as the most stable structure, form the conditions that ensure the process of evolutionary development of the national AIC, thereby forming a system of evolutionary development.

In the course of the study, we adhere to the position of scientists G. Helmke and S. Levitsky that informal institutions are characterized by high resistance to change and have such a quality as a high level of stability, including in relation to formal institutions [18, p. 204].

At the same time, scientists note that formal institutions are an important source of changes in informal institutions, serving as an important catalyst for institutional change.

We support this thesis, but with the clarification that the speed of informal institutional changes will depend on the role and nature of formal institutions in relation

to informal institutions (whether they have a positive or negative impact).

The most important for the process of strategic development of the AIC are formal institutions in the person of its main element, the state, which forms and ensures the functioning of the regulatory and directive system for the development of the AIC. The state, in the process of regulating the AIC, forms its own institutional environment by ensuring the work of the SDI in the AIC.

From the perspective of the development of the national AIC, SDI should be understood not as individual organizations and institutions implementing state regulatory policy, but as integral and multilevel state development programs and corresponding subprogram complexes.

SDI provide an appropriate environment for the development of the national AIC, form a strategic level of development regulation, and ensure the long-term nature of the policy pursued by the state.

Ensuring the functioning of the institutional environment formed by the state is entrusted to institutional agents in the person of state authorities, institutions and organizations. These institutional agents implement individual mechanisms of the institutional environment or their integral complex to achieve the goals set by the SDI in the AIC.

The process of implementing regulatory mechanisms takes place through the interaction of SDI in the AIC and institutional agents, which is aimed at the relevant objects of influence in the face of a fairly wide list of categories related to the processes of economic relations in the AIC.

Thus, the results of the study demonstrate that the system of development of the agro-industrial complex consists of two parts: evolutionary and regulatory-directive. The interaction of these systems forms a common system of strategic regulation. In the implementation of regulatory functions by the state, it is important to accurately separate development institutions and their institutional agents, whose interaction forms the process of state regulation of the agro-industrial complex.

References

1. Borovskaya L. V. Institutsional'naya sreda i osobennosti ee formirovaniya v rezul'tate institutsional'nykh izmeneniy [Institutional environment and features of its formation as a result of institutional changes] // Proceedings of the Voronezh State University. Series: Economics and Management. 2018. No. 4. Pp. 5–12. (In Russian.)
2. Petrov A. N., Varlamov K. V., Komarov A. V., Matveev D. A. Effektivnost' institutov razvitiya. Smena paradigmy institutov razvitiya v srednesrochnoy perspektive [The effectiveness of development institutions. Paradigm shift of development institutions in the medium term] // The Economics of Science. 2017. Vol. 3. No. 4. Pp. 230–239. DOI: 10.22394/2410-132X-2017-3-4-230-239. (In Russian.)
3. Solodilova N. Z. Institutsional'naya konfiguratsiya regional'noy delovoy sredy [Institutional configuration of the regional business environment] // Economic policy. 2017. Vol. 12. No. 3. Pp. 134–149. DOI: 10.18288/1994-5124-2017-3-05. (In Russian.)
4. Goykher O. L., Danilov A. I. Sistema vzaimootnosheniy mezhdu institutsional'nymi uchastnikami investitsionnogo protsessa v regione [The system of relations between institutional participants of the investment process in the region] // Vestnik Universiteta. 2016. No. 3. Pp. 69–72. (In Russian.)
5. Antonova N. E. Otsenka otklikov ekonomicheskikh agentov na institutsional'nye izmeneniya v lesnom komplekse regiona [Assessment of responses of economic agents to institutional changes in the forest complex of the region] // Spatial economics. 2018. No. 4. Pp. 115–138. DOI: 10.14530/se.2018.4.115-138. (In Russian.)

6. Kokovikhin A. Yu., Ogorodnikova E. S., Uil'yams D., Plakhin A. E. Faktory institutsional'noy sredy v otsenke predprinimatelem investitsionnogo klimata munitsipal'nogo obrazovaniya [Factors of the institutional environment in an entrepreneur's assessment of the investment climate of a municipality] // *Economy of regions*. 2017. Vol. 13. No. 1. Pp. 80–92. DOI: 10.17059/2017-1-8. (In Russian.)
7. Pyzhev I. S., Goryachev V. P., Pyzhev I. S., Realizatsiya teoreticheskogo podkhoda k otsenke ekonomicheskoy effektivnosti institutsional'nykh izmeneniy na otraslevom rynke [Implementation of a theoretical approach to assessing the economic efficiency of institutional changes in the industry market] // *Terra Economicus*. 2018. Vol. 16. No. 2. Pp. 99–113. DOI: 10.23683/2073-6606-2018-16-2-99-113. (In Russian.)
8. Rushchitskaya O. A., Kulikova E. S. Razvitie malogo i srednego biznesa: mirovoy opyt i problemy Rossii [Development of small and medium-sized businesses: world experience and problems of Russia] // *Agricultural education and science*. 2016. No. 4. P. 7. (In Russian.)
9. Zyryanova T. V., Zagurskiy A. O. Institutsional'nye mekhanizmy gosudarstvennogo nalogovogo regulirovaniya sel'skogo khozyaystva [Institutional mechanisms of state tax regulation of agriculture] // *Discussion*. 2019. No. 6 (97). Pp. 48–54. DOI: 10.24411/2077-7639-2019-10047. (In Russian.)
10. Dudnik A. V., Cherdakova T. A., Dudnik A. V. Investitsionnye strategii povysheniya konkurentosposobnosti agroproduktov stvennoy sistemy strany [Investment strategies to increase the competitiveness of the country's agro-food system] // *Economy of regions*. 2021. Vol. 17. Iss. 2. Pp. 632–643. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-2-20. (In Russian.)
11. Latypov R. T., Maleykina G. P., Ruchkin A. V., Latypov R. T. Grantovaya podderzhka realizatsii gosudarstvennykh programm i projektov po razvitiyu krest'yanskikh (fermerskikh) khozyaystv: opyt regiona i klyuchevye problemy [Grant support for the implementation of state programs and projects for the development of peasant (farm) farms: the experience of the region and key problems] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019. No. 8 (187). Pp. 75–90. DOI: 10.32417/article_5d908ec8145d33.94927172. (In Russian.)
12. Latypov R. T., Maleykina G. P., Ruchkin A. V. Effektivnost' podderzhki krest'yanskikh (fermerskikh) khozyaystv v regione [Effectiveness of support for peasant (farmer) farms in the region] // *Bulletin NSUEE*. 2019. No. 9 (100). Pp. 109–118. (In Russian.)
13. Mokrushin A. A. Programmno-tselevye instrumenty gosudarstvennogo regulirovaniya APK problemnogo regiona [Program-targeted tools of state regulation of the agro-industrial complex of the problem region] // *Bulletin of the Adygea State University. Series 5: Economics*. 2017. No. 3 (205). Pp. 43–53. (In Russian.)
14. Danilov N. A. Formirovanie i razvitie APK Sverdlovskoy oblasti [Formation and development of agroindustrial complex of Sverdlovsk region] // *Problems of modern science and education*. 2017. No. 29 (111). Pp. 31–35. (In Russian.)
15. Zyryanova T. V., Zagurskiy A. O., Zyryanov S. B. Gosudarstvennoe regulirovanie nalogovoy politiki v sel'skom khozyaystve na sovremennom etape: Ural'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet [State regulation of tax policy in agriculture at the present stage: Ural State Agrarian University]. Ekaterinburg, 2020. 120 p. (In Russian.)
16. Zagurskiy A. O. Gosudarstvennoe regulirovanie APK v kontekste realizatsii strategicheskikh zadach razvitiya Rossii v chasti eksportnogo potentsiala [State regulation of the agro-industrial complex in the context of the implementation of strategic objectives of Russia's development in terms of export potential] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 3 (206). Pp. 74–80. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-74-80. (In Russian.)
17. Nort D. Instituty, institutsional'nye izmeneniya i funktsionirovanie ekonomiki [Institutions, institutional changes and the functioning of the economy]. Moscow: Fond ekonomicheskoy knigi "Nachala", 1997. 180 p. (In Russian.)
18. Khelmke G., Levitski S. Neformal'nye instituty i sravnitel'naya politika [Informal institutions and comparative politics] // *Magazine about the future*. 2007. No. 2 (10). Pp. 188–211.

Authors' information:

Olga A. Ruschitskaya¹, doctor of economic sciences, director of the institute of economics, finance and management, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; olgaru-arbitr@mail.ru

Aleksandr O. Zagurskiy¹, lecturer of the department of accounting and audit, ORCID 0000-0002-0335-5806, AuthorID 992052; Zagurskiy-ao@yandex.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

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



Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

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 Типографии «Амирит».

410004, г. Саратов, ул. им Чернышевского Н. Г., д. 88, литер У.

Подписано в печать: 10.12.2021 г. Усл. печ. л. 11,86. Авт. л. 10,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

