



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS

2022
№06 (221)

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

Сведения о редакционной коллегии

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

Члены редакционной коллегии

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

Editorial board

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

Editorial Team

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

Нас индексируют / Indexed

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



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание

Contents

Агротехнологии

- А. К. Романенко, А. В. Солонкин,
А. С. Соломенцева, С. А. Егоров* 2
Использование гуминовых препаратов
для выращивания посадочного материала
древесных растений в аридном регионе

- И. В. Сафонова, Н. И. Аниськов* 16
Значимость комплексной оценки селекционных
индексов и параметров стрессоустойчивости
сортов озимой ржи

Биология и биотехнологии

- А. Р. Биглова, И. Н. Аллаярова,
А. А. Реут, О. В. Ласточкина* 27
Влияние факторов среды на вегетативное
размножение лилий

- А. Ф. Контэ, Г. Г. Карликова* 37
Параметры изменчивости показателей
телосложения и продуктивности голштинских
коров в зависимости от уровня удоя

- А. В. Любимова, В. С. Мамаева, А. А. Менищикова* 49
Генетическая засухоустойчивость современных
сортов овса посевного как ответ глобальному
изменению климата

- М. В. Rebezov, O. V. Gorelik, S. Yu. Kharlap,
A. S. Gorelik, A. M. Nusupov* 60
Productive qualities and their interrelation
in Holstein cows of black-and-white breed

Экономика

- А. А. Дубовицкий, Э. А. Климентова* 68
Готовность к биологизации как субъективный
фактор формирования устойчивых систем
землепользования

- О. В. Исаева* 78
Современное состояние
и прогнозная модель развития
аграрной структуры отечественного АПК

- Ю. А. Овсянников* 88
К 50-летию доклада Римскому клубу
«Пределы роста». Потенциал России в решении
мировой продовольственной проблемы

Agrotechnologies

- A. K. Romanenko, A. V. Solonkin,
A. S. Solomentseva, S. A. Egorov*
The use of humic preparations
for the cultivation of planting material
of woody plants in the arid region

- I. V. Safonova, N. I. Aniskov*
The importance of a comprehensive assessment
of breeding indices and stress resistance parameters
of winter rye varieties

Biology and biotechnologies

- A. R. Biglova, I. N. Allayarova,
A. A. Reut, O. V. Lastochkina*
Influence of environmental factors
on vegetative reproduction of *Lilium*

- A. F. Konte, G. G. Karlikova*
Parameters of variability of indicators
of physique and productivity of Holstein cows
depending on the level of milk yield

- A. V. Lyubimova, V. S. Mamaeva, A. A. Menshchikova*
Genetic drought resistance
of modern oat varieties as a response
to global climate change

- M. B. Rebezov, O. V. Gorelik, S. Yu. Kharlap,
A. S. Gorelik, A. M. Nusupov*
Productive qualities and their interrelation
in Holstein cows of black-and-white breed

Economy

- A. A. Dubovitskiy, E. A. Klimentova*
Readiness for biologization as a subjective factor
of formation of sustainable land-utilization systems
in agriculture

- O. V. Isaeva*
The modern state and forecast model
of the development of the agrarian structure
of the domestic agro-industrial complex

- Yu. A. Ovsyannikov*
To the 50th anniversary of the report
to the Club of Rome "Limits to Growth". Russia's
potential in solving the world food problem

Использование гуминовых препаратов для выращивания посадочного материала древесных растений в аридном регионе

А. К. Романенко¹, А. В. Солонкин¹, А. С. Соломенцева^{1✉}, С. А. Егоров¹

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

✉ E-mail: alexis2425@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – изучение влияния органического препарата «Экобиосфера» различного спектра действия на морфофизиологические процессы при прорастании семян видов *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) (сосна крымская), *Quercus robur* L. (дуб черешчатый), *Robinia pseudoacacia* L. (робиния лжеакация), *Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke. (джугун безлистный). **Методика исследования.** Опыты выполнялись в лабораторных условиях в трех вариантах внесения препарата: 10, 15 и 20 мл/л воды, стратифицированные и скарифицированные семена на протяжении от 12 часов до суток замачивались в рабочем растворе, их рост и развитие наблюдались в лаборатории в растительных и непосредственно перед посадкой в субстрат (зональная светло-каштановая почва + торф). Повторность опыта трехкратная, с контролем, по 20 растений в каждом варианте опыта. **Результаты.** В ходе исследований авторами установлена необходимость и целесообразность применения препарата «Экобиосфера» в качестве биостимулятора роста фитомассы и корней. Наиболее оптимальной для роста и развития образцов древесных видов является дозировка 10 и 15 мл/л. При увеличении или уменьшении дозы у растений наблюдались увядание и угнетение роста, меньший процент сохранности. Также было установлено положительное влияние светодиодного освещения на сеянцы дуба черешчатого и сосны крымской. Для робинии лжеакации требуется подбор оптимальной дозы препарата и освещения, для джугуна безлистного препарат неэффективен ввиду несоответствия почвенно-климатических условий выращивания, что требует дальнейшего изучения. Таким образом, отмечено положительное влияние органического препарата «Экобиосфера» на рост и развитие хвойных и лиственных видов для питомниководства в засушливой зоне. **Научная новизна.** В условиях аридного региона влияние органического препарата «Экобиосфера» на древесные виды изучалось впервые. С учетом реакции семян исследуемых растений разработаны эффективные дозы внесения стимулятора роста, предложены оптимальные варианты освещения растений в процессе доращивания.

Ключевые слова: биостимуляторы роста, развитие, рост, «Экобиосфера», рациональное природопользование, аридный регион.

Для цитирования: Романенко А. К., Солонкин А. В., Соломенцева А. С., Егоров С. А. Использование гуминовых препаратов для выращивания посадочного материала древесных растений в аридном регионе // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 2–15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15.

Дата поступления статьи: 05.05.2022, **дата рецензирования:** 13.05.2022, **дата принятия:** 19.05.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В условиях интенсификации питомниководства возросла потребность в ускоренном производстве посадочного материала, отвечающего требованиям современного сельского и лесного хозяйства. В современном органическом сельском хозяйстве делается акцент на экологию, использование системы безопасных органических удобрений, сохранение плодородия почвы и видов, произрастающих на обрабатываемых площадях [8; 9; 14].

Климат региона характеризуется резкой континентальностью. Среднегодовое количество осадков составляет 300–330 мм. В вегетационный период может выпадать около 30 % осадков от среднегодовой нормы. Абсолютный минимум температур холодного периода составляет –36 °С, максимум равен + 42 °С. Испарение в летний период значительно превышает сумму осадков. Анализ данных по состоянию хвойных и лиственных видов в Волгоградской области показал значительный процент отклонения от среднегодовой нормы (рис. 1).

Наиболее ценным источником семенного и посадочного материала являются старые искусственные насаждения, прошедшие полный цикл роста и развития в засушливых условиях и полностью к ним адаптированные [17; 18; 19]. В процессе многолетних исследований рядом авторов было установлено, что применение биостимуляторов роста снижает процент сорной растительности на опытных участках [10]. Доказано, что активность роста корневой системы испытываемых растений увеличивается, процент корнеобразования возрастает [2], повышается укореняемость [6], увеличивается процент всхожести семян [2]. В засушливых регионах применение биостимуляторов повышает сопротивляемость растений к засухе [4]. При исследовании пихты сибирской учеными было отмечено повышение содержания азота в почве [7]. Наблюдается увеличение содержания полезной для растения микрофлоры [3]. При изучении плодовых растений было отмечено повышение плодоношения и увеличение процента завязываемости плодов [10]. В исследовании можжевельника и видов рода хвойных были отмечены интенсивный рост и развитие, увеличение азотного баланса [7; 11]. Действие абиотических и биотических факторов на растения при использовании биостимуляторов существенно снижается [1]. В лабораторных опытах добавление препаратов, стимулирующих рост, в опытные образцы повышало прорастание семян [11]. Также применение гуминовых и аминокислотных веществ существенно повышало количество необходимых растениям микроэлементов, показав корреляционную зависимость между их содержанием [12; 13; 15]. Значительная часть деградированных земель Нижнего Поволжья под защитой лесных полос превращается в продуцирующие площади, следовательно, тема ускоренного выращивания сеянцев и саженцев перспективных древесно-кустарниковых видов особенно актуальна в условиях засухи.

Методология и методы исследования (Methods)

Данная работа проводилась с целью разработки элементов технологии ускоренного выращивания посадочного материала сосны крымской, дуба черешчатого, джугуна безлистного и робинии псевдоакалии путем обработки семян биостимулятором роста, что в данный момент является одной из важнейших проблем, имеющих большое значение не только для сельского хозяйства в целом, но и для питомниководства и озеленения в аридных условиях. Вопросы ускоренного выращивания сеянцев вышеперечисленных видов мало изучены для конкретных почвенно-климатических зон, в связи с чем перед авторами встала задача опытным путем проверить метод ускоренного выращивания сеянцев с помощью биостимулятора роста. Объек-

тами исследований являлись следующие виды: сосна крымская *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.), дуб черешчатый *Quercus robur* L., робиния лжеакация *Robinia pseudoacacia* L., джугун безлистный *Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke.

Робиния лжеакация – дерево, достигающее в высоту 25 м, с ажурной кроной и шероховатой корой. Отличительной чертой молодого дерева робинии является наличие двух острых шипов, являющихся видоизмененными прилистниками, которых нет у взрослых деревьев. Листья робинии в полуденные часы поднимаются до вертикального положения, а на ночь поникают. Цветет обычно в мае – июне, цветы белые, собранные в длинные кистевидные соцветия. В засушливых условиях Нижнего Поволжья робиния начинает плодоносить в возрасте 4–6 лет. Плоды – плоские бобы длиной 2–12 см, могут оставаться на дереве всю зиму. Быстрорастущая порода, дающая до 1 м прироста в год.

Дуб черешчатый – крупное дерево, достигающее в высоту 25–50 м, диаметр ствола более 1 м. Цветет одновременно с распусканием листьев – в мае. Опыляется ветром. Плоды – желуди зеленовато-бурого цвета с коричневыми полосками. Средняя длина желудя – 2–4 см, ширина – 1–2 см. В лесных насаждениях плоды дуба разносятся лесными животными и птицами.

Сосна крымская – дерево высотой до 40 м с пирамидально-шарообразной кроной. Хвоя длиной 6–16 см, шириной до 2 мм, темно-зеленая, с жесткой и колючей верхушкой, по 2–3 в пучке. Возобновление хвои ведется каждые 3–4 года. Имеет густую крону и может образовывать густые насаждения. Очень засухоустойчивый и зимостойкий вид, который свободно растет на песчаных землях.

Джугун безлистный – кустарник, имеющий высоту 3 м и кору красного цвета. Молодые побеги зеленые, травянистые, старые – деревенеющие. Листья мелкие длиной 2–3 мм, рано опадающие. Цветение наблюдается в мае, цветки розового или белого цвета. Плод – четырехгранный орешек длиной 15–20 мм. Отлично возобновляется вегетативным путем. Очень солеустойчив. Молодые плоды могут служить кормом для птиц и животных.

Цель работы – изучение влияния регулятора роста различного спектра действия на морфофизиологические процессы при прорастании семян сосны, дуба, джугуна и робинии. В задачи работы входит установление динамики ростовых показателей в зависимости от дозировки применяемого регулятора роста, изучение влияния освещения и биостимулятора на развитие исследуемых видов, рекомендация наиболее успешно прошедших испытание видов и дозровок биостимулятора для применения на практике питомниководства.

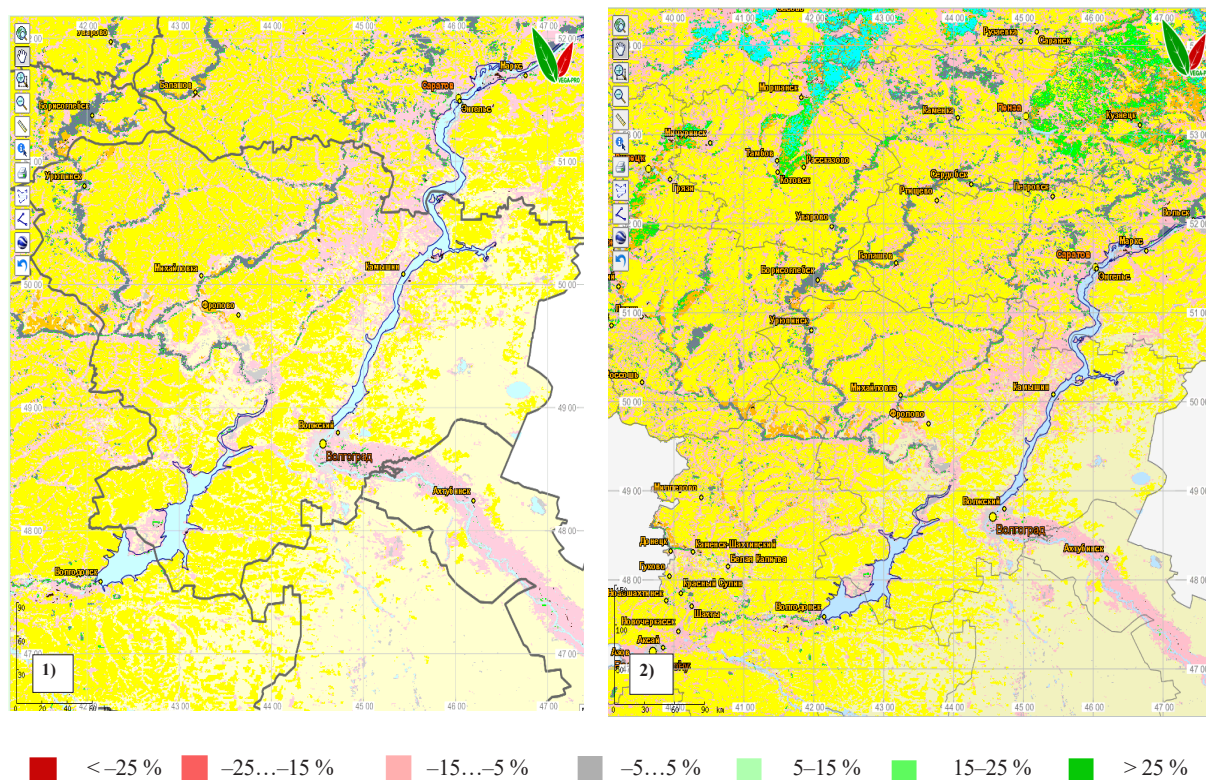


Рис. 1. Анализ лиственной (1) и хвойной (2) растительности Волгоградской области, отклонение NDVI от среднееголетнего (по данным спутникового сервиса «Вега», 2021 г.) [5]

Fig. 1. Analysis of deciduous (1) and coniferous (2) vegetation of the Volgograd region, deviation of NDVI from the average annual (according to the Vega satellite service, 2021) [5]

«Экобиосфера» – органический препарат, ускоряющий рост и развитие растений, который дает возможность получить экологически чистую продукцию, повышает качественные характеристики выращиваемых видов растений, возрождает гумусный слой и стимулирует естественную почвенную микрофлору, снижает дозы химических минеральных удобрений на 50–100 %, уменьшает внесение средств защиты растений на 30–50 %, уменьшает содержание нитратов и нитритов в выращиваемой продукции. Исследования велись авторами по следующей схеме опыта: три варианта дозировки препарата (10, 15 и 20 мл) растворялись в 1 л воды, семена на протяжении 12–24 часов замачивались в рабочем растворе непосредственно перед посадкой в грунт и в дальнейшем наблюдались в лабораторных условиях. Повторность трехкратная, с контролем, по 20 растений в каждом варианте опыта. Стратифицированные семена обдавали кипятком до остывания (скарификация).

Результаты (Results)

Более глубокое изучение морфологии и биологических особенностей растений, внутренних и внешних факторов роста побегов, режимов укоренения способствует выявлению потенциальных возможностей корне- и побегообразования у видов. Все изучаемые виды перспективны для за-

щитного лесоразведения и озеленения. Ценным лесомелиоративным свойством дуба является его высокая устойчивость к засухе. Сочетание этого качества с солеустойчивостью делает данный вид незаменимым для районов Нижнего Поволжья. Говоря о разведении дуба черешчатого, следует отметить, что выращивание его в питомниках отличается от разведения других видов вследствие его своеобразного характера роста, иногда скачкообразного. Несмотря на соблюдение агротехнических приемов, выращивание стандартных сеянцев дуба зачастую связано со значительными материальными затратами. Джужгун обладает слабой морозоустойчивостью, сильной засухоустойчивостью и солевыносливостью, подходит для полезащитных насаждений и прекрасно растет на песчаных почвах засушливых регионов. У робинии лжеакалии средняя степень солевыносливости, слабая морозоустойчивость, сильная порослевая способность, подходящая для полезащитных, овражно-балочных, озеленительных и полезащитных насаждений. Сосна крымская отличается средней устойчивостью к морозам и засухе, слабой солевыносливостью, но нетребовательна к почве, что делает данный вид перспективным для полезащитных, озеленительных насаждений, а также для закрепления песков.

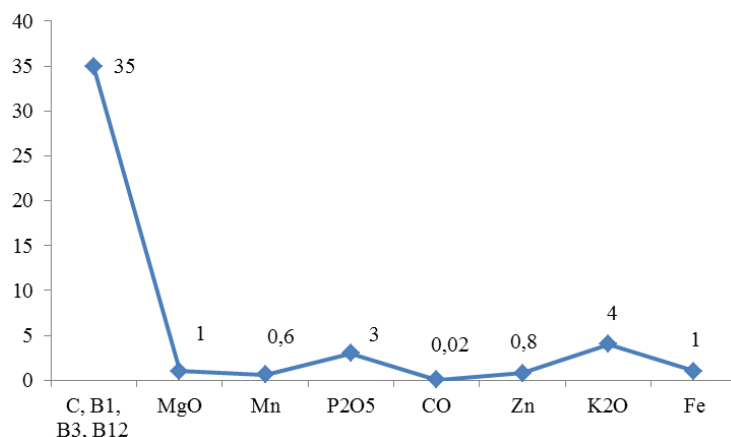


Рис. 2. Состав препарата «Экобиосфера» (% на сухое вещество)
Fig. 2. Composition of the preparation "Ekobiosfera" (% on dry matter)

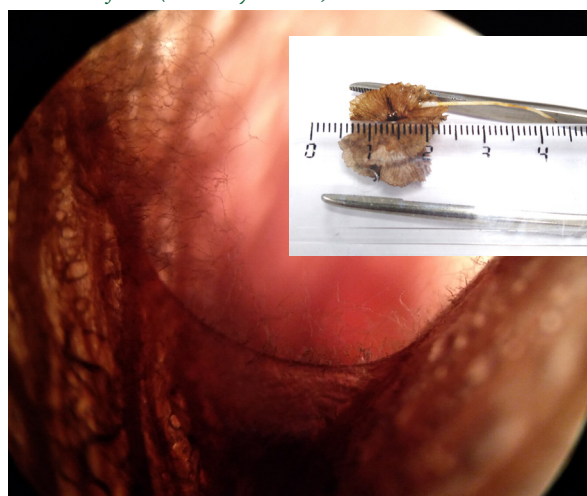
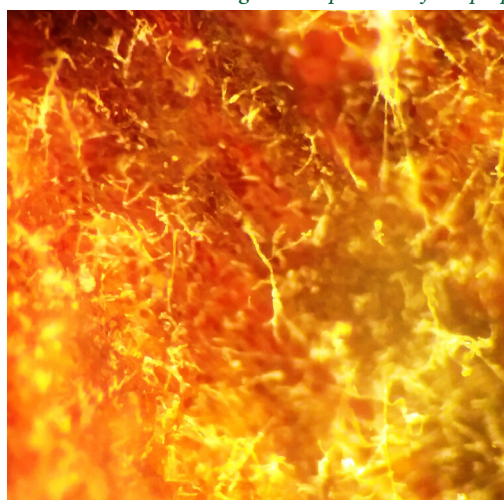


Рис. 3. Споры *Aspergillus niger* Tiegh. и джужгун безлистный, пораженный плесенью
Fig. 3. *Aspergillus niger* Tiegh spores and juzgun leafless, affected by mold

Разработка органического препарата «Экобиосфера» основана на рекомендациях Г. Н. Косьяненко [16]. Для усиления роста и развития древесно-кустарниковых видов препарат содержит наиболее важные элементы питания (рис. 2).

Сбор шишек сосны крымской ведется в декабре – феврале с взрослых деревьев, достигших полной зрелости. Семена извлекаются из шишек при температуре 50–55 °С и могут храниться в течение 3–4 лет в стеклянных закупоренных герметичных емкостях.

Сбор желудей дуба черешчатого ведется осенью с учетом того, что с дерева вначале опадают больные и поврежденные вредителями желуди. Собранные семена хорошо просушивают и хранят в течение года в холодных помещениях с влажностью 55–60 % от абсолютно сухой массы семян.

Плоды джужгуна собирают в мае – июне путем стряхивания в период их осыпания с кустарника. Хранят до двух лет в хорошо проветриваемом помещении при влажности 6–7 %, периодически перемешивая.

Семена робинии лжеакация собирают в фазе полной зрелости дерева, затем просушивают при

температуре 30–35 °С и извлекают из стручков. Они могут храниться в течение года в мешках или 3–4 года герметичной таре при влажности 11–12 %.

Перед обработкой препаратом «Экобиосфера» семена подвергались стратификации. Семена сосны крымской хранились в мешке, в сухом прохладном помещении при температуре 0–5 °С, влажности 8–9 %; семена дуба – в подвале в смеси с влажным песком (срок хранения – 1 год); робинии и джужгуна – в мешке в сухом помещении при температуре 0–5 °С (срок хранения – 1 год).

Первые результаты действия препарата «Экобиосфера» на семена были обнаружены уже на второй день после обработки: у семян робинии лжеакация и сосны крымской наблюдалось прорастание до 3 см в варианте опыта с дозировкой 15 мл/л. Семена дуба черешчатого дали проросты чуть позже остальных видов – спустя неделю. У джужгуна безлистного в растительных размер проростков не увеличивался, однако в варианте опыта с дозировкой 20 мл/л наблюдалось поражение видом высших плесневых грибов из рода аспергилл – *Aspergillus niger* Tiegh. (рис. 3).

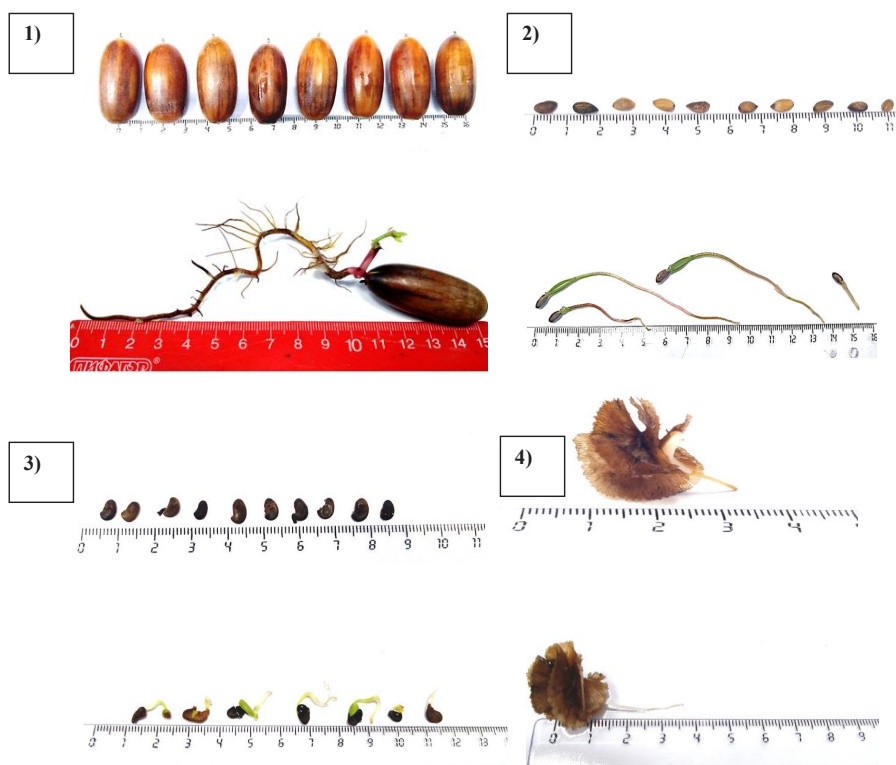


Рис. 3. Дуб черешчатый (1), сосна крымская (2), робиния псевдоакация (3) и джугун безлистный (4) в первый день и спустя неделю после обработки препаратом «Экобиосфера»

Fig. 3. *Quercus robur* L. (1), *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) (2), *Robinia pseudoacacia* L. (3) and *Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke. (4) on the first day and a week after treatment with "Ekobiosfera"

Таблица 1
Рост испытываемых растений в условиях применения различных дозировок препарата «Экобиосфера»

Вид	Дозировка препарата, мл	Прирост, см $M \pm m_m$
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.)	Контроль	$3,0 \pm 0,8$
	10	$4,5 \pm 0,1$
	15	$6,2 \pm 0,6$
	20	$4,8 \pm 0,7$
	Mn + 10 мл	$4,6 \pm 0,9$
<i>Quercus robur</i> L.	Контроль	$2,6 \pm 0,7$
	10	$5,5 \pm 0,3$
	15	$3,8 \pm 0,8$
	20	$4,3 \pm 0,2$
	Mn + 10 мл	$3,6 \pm 0,7$
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Контроль	$2,1 \pm 0,9$
	10	$4,0 \pm 0,1$
	15	$1,7 \pm 0,2$
	20	$3,1 \pm 0,4$
	Mn + 10 мл	$2,0 \pm 0,5$
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Guerke.	Контроль	$1,7 \pm 0,4$
	10	$3,8 \pm 0,2$
	15	$1,1 \pm 0,3$
	20	$2,4 \pm 0,3$
	Mn + 10 мл	$2,0 \pm 0,4$

Table 1
Growth of the tested plants under conditions of application of various dosages of the drug "Ekobiosfera"

Species	Dosage of the drug, ml	Increment, cm $M \pm m_m$
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.)	Control	3.0 ± 0.8
	10	4.5 ± 0.1
	15	6.2 ± 0.6
	20	4.8 ± 0.7
	Mn + 10 ml	4.6 ± 0.9
<i>Quercus robur</i> L.	Control	2.6 ± 0.7
	10	5.5 ± 0.3
	15	3.8 ± 0.8
	20	4.3 ± 0.2
	Mn + 10 ml	3.6 ± 0.7
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Control	2.1 ± 0.9
	10	4.0 ± 0.1
	15	1.7 ± 0.2
	20	3.1 ± 0.4
	Mn + 10 ml	2.0 ± 0.5
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Guerke.	Control	1.7 ± 0.4
	10	3.8 ± 0.2
	15	1.1 ± 0.3
	20	2.4 ± 0.3
	Mn + 10 ml	2.0 ± 0.4

Таблица 2

Влияние препарата «Экобиосфера» на укореняемость исследуемых видов

Вид	Дозировка препарата, мл	Количество корней I порядка, шт.	Количество укоренившихся растений, %
<i>Pinus nigra subsp. pallasiana</i> (Lamb.)	Контроль	8,6	76
	10	22,1	92
	15	14,6	84
	20	12,3	78
	Mn + 10 мл	8,1	28
<i>Quercus robur</i> L.	Контроль	9,1	67
	10	12,9	84
	15	10,8	76
	20	11,0	58
	Mn + 10 мл	8,2	51
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Контроль	9,5	22
	10	11,8	15
	15	10,4	12
	20	8,8	9
	Mn + 10 мл	7,4	5
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Guerke.	Контроль	0,0	0
	10	5,6	43
	15	3,2	24
	20	3,1	21
	Mn + 10 мл	2,0	23

Agrotechnologies

Table 2

The effect of the drug "Ekobiosfera" on the rootability of the studied species

Species	Dosage of the drug, ml	Number of roots of the first order, pcs.	Number of rooted plants, %
<i>Pinus nigra subsp. pallasiana</i> (Lamb.)	Control	8.6	76
	10	22.1	92
	15	14.6	84
	20	12.3	78
	Mn + 10 ml	8.1	28
<i>Quercus robur</i> L.	Control	9.1	67
	10	12.9	84
	15	10.8	76
	20	11.0	58
	Mn + 10 ml	8.2	51
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Control	9.5	22
	10	11.8	15
	15	10.4	12
	20	8.8	9
	Mn + 10 ml	7.4	5
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Guerke.	Control	0.0	0
	10	5.6	43
	15	3.2	24
	20	3.1	21
	Mn + 10 ml	2.0	23

С целью адаптации проросшие семена были высажены в кассеты с грунтом в варианте соотношения зональной почвы и торфа 1:1.

Выращивание сеянцев из семян требует определенных условий среды, режим которой должен быть дифференцирован в зависимости от биологических особенностей вида. При избыточном увлажнении тормозится интенсивность внутриклеточных процессов, замедляется синтез белка, корни выделяют значительное количество углеводов, органических кислот, аминокислот и других метаболитов, что приводит к ослаблению, уменьшению приростов, а затем и к гибели адвентивных корней. Наилучшие приросты наблюдались у сосны крымской и дуба черешчатого. Робиния и джужгун росли медленнее, давая наилучший результат биометрических показателей в варианте с дозировкой препарата 10 мл/л (таблица 1).

Очень низкие показатели приростов сеянцев на контрольных вариантах в сравнении с другими объясняются отсутствием применения препарата и подкормок.

Проведенные наблюдения за формированием и ростом корней на саженцах видов под влиянием обработки препаратом свидетельствуют о неодинаковом эффекте биостимулятора роста в различных вариантах дозировки. Так, у дуба черешчатого и сосны крымской корневая система образовывалась гораздо интенсивнее. В целом под воздействием препарата корней образовывалось в несколько раз больше, чем на контроле. У робинии псевдоакации и джужгуна безлистного впоследствии наблюдалось отмирание отдельных корней и увядание. Нарастание корней на контрольных саженцах проходило постепенно и равномерно в сравнении с обработанными растениями, у которых число образовавшихся корней превысило контроль в несколько раз (таблица 2).

Сроки посева и скорость прорастания семян древесно-кустарниковых видов зависят от их биологических особенностей: периода покоя, сроков плодоношения, устойчивости к почвенно-климатическим неблагоприятным факторам (рис. 4).

Наблюдалось значительное отклонение биометрических показателей при различных дозах внесения биостимулятора роста у исследуемых видов. Как видно из данных графиков (рис. 4), при дозе 20 мл/л высота сеянца дуба черешчатого значительно выше, чем при дозе 10 и 15 мл/л. Следовательно, для данного вида дозировка в 15 мл (для семян) и 20 мл (для сеянцев) является оптимальной. Виды робинии и джужгуна в ходе опытов выпали полностью ввиду увядания и гибели, что говорит о перспективах подбора другого подходящего стимулятора роста и типов субстрата для данных видов.

Спустя 1,5 месяца с начала опыта растения сосны крымской были помещены в стеллажи для роста растений Стеллар-Фито Line P6-C с целью подбора оптимальных условий освещенности и испытания для дальнейшего проращивания. Проращивание велось при диапазоне длины 440–460 нм и 630–660 нм (рис. 5).

Установлено, что тип освещения влияет на высоту и количество образовавшейся фитомассы. Светодиодное освещение отличается длительным сроком эксплуатации, аналогичным солнечному освещению и отсутствием токсичных компонентов при изготовлении осветительных элементов. Люминесцентные лампы имеют ряд минусов: чувствительность к перепадам температур в помещении, содержание в осветительных элементах паров ртути, что при повреждении опасно как для растений, так и для исследователей. При светодиодном освещении был отмечен интенсивный и равномерный прирост, большее количество образовавшейся в процессе развития листвы и хвои у сосны крымской и дуба (таблица 3).

Таблица 3

Влияние типов освещения на биометрические показатели сосны и дуба

Вид	Тип освещения	Высота, см	Количество листьев/хвои, шт.
<i>Pinus nigra subsp. pallasiana</i> (Lamb.)	Светодиодный	9,0 ± 2,10	8,0 ± 1,10
	Люминесцентный	7,5 ± 1,30	6,0 ± 1,50
<i>Quercus robur</i> L.	Светодиодный	12,4 ± 2,20	7,0 ± 1,30
	Люминесцентный	9,6 ± 1,60	5,0 ± 1,40

Table 3

The influence of lighting types on the biometric indicators of pine and oak

Species	Type of lighting	Height, cm	Number of leaves/needles, pcs.
<i>Pinus nigra subsp. pallasiana</i> (Lamb.)	LED	9.0 ± 2.10	8.0 ± 1.10
	Luminescent	7.5 ± 1.30	6.0 ± 1.50
<i>Quercus robur</i> L.	LED	12.4 ± 2.20	7.0 ± 1.30
	Luminescent	9.6 ± 1.60	5.0 ± 1.40

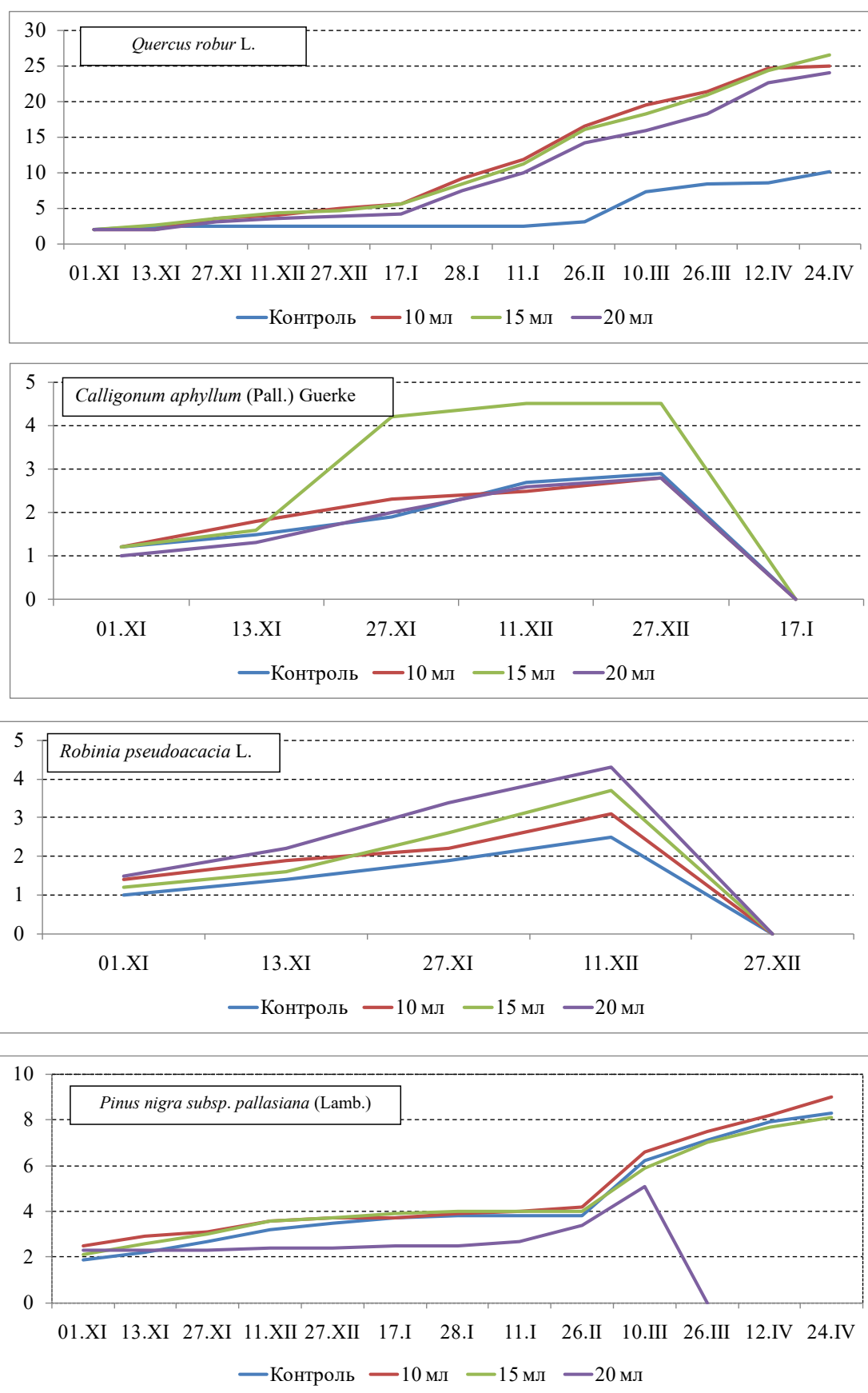


Рис. 4. Влияние дозировок препарата «Экобиосфера» на ход роста исследуемых видов

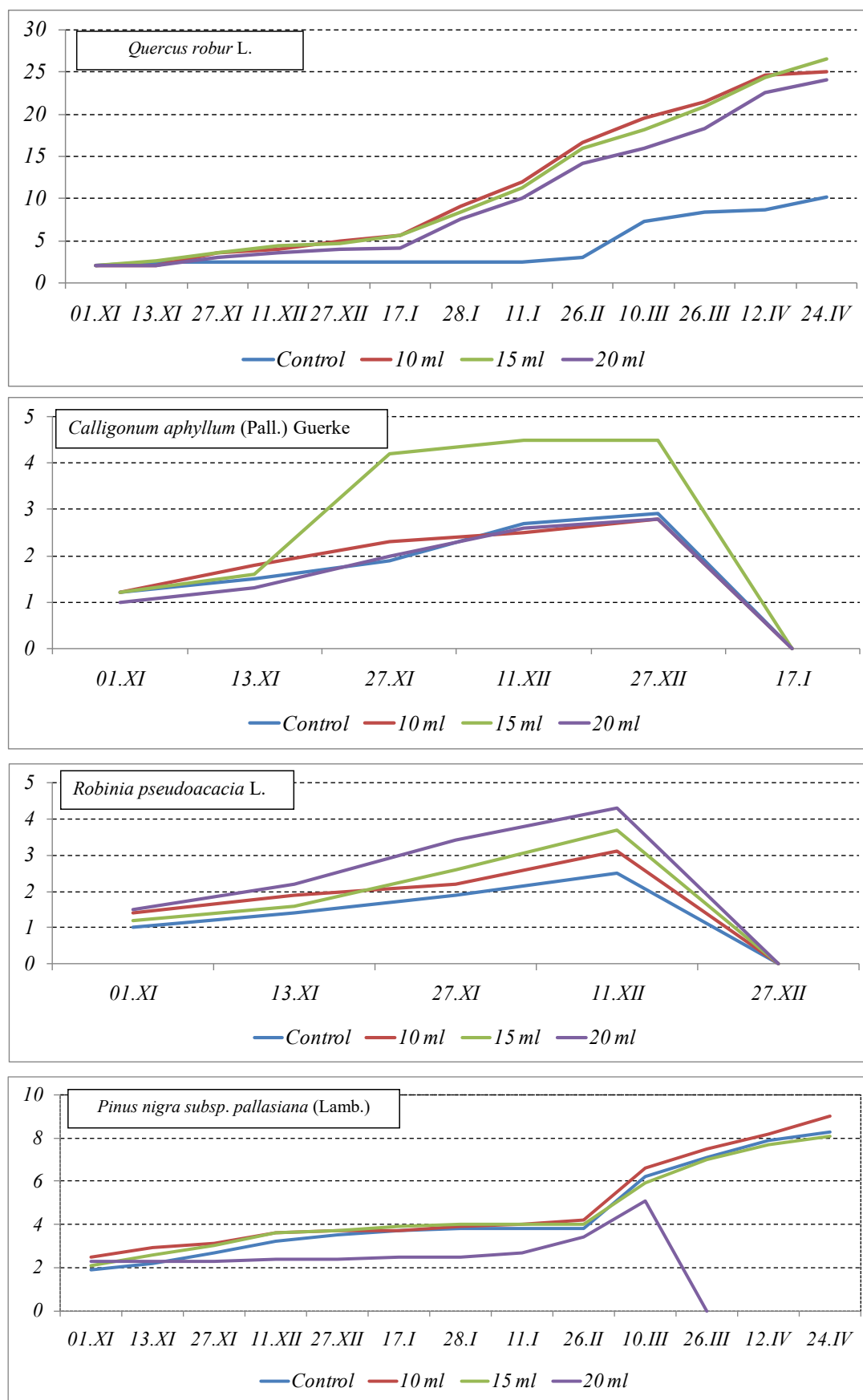


Fig. 4. The effect of dosages of the drug "Ekobiosfera" on the course of growth of the studied species



Рис. 5. Растения сосны Крымской в стеллаже Стеллар-Фито Line P6-C и после высадки на питомник
Fig. 5. Crimean pine plants in the Stellar-Phyto Line P6-C rack and after landing at the nursery

Выход сеянцев в посевных отделениях питомника определяет схемы посева. Для сосны крымской используют шестистрочные двухзвеньевые схемы посева с шириной строчки 1,5–3 см и расстоянием между строчками 10–70 см. (погонная длина строчек 40 тыс. м/га). Для лиственных пород можно применять широкобороздковый 2–3-строчный способ посадки с шириной строчки 10–20 см с расстоянием между строчками 25–75 см. Глубина заделки семян для засушливой зоны – 5 см (дуб), 3 см (акация), 1–2 см (сосна крымская).

Необходимо учитывать преимущества большей приспособленности к местным условиям, наблюдающейся при заготовке семян в однородных условиях. Это особенно проявляется при резко специфических условиях среды. Так, угнетенное состояние семян джугуна безлистного в процессе проведения лабораторных исследований объясняется его способностью произрастать на лишенных растительности открытых мелкобарханных песках с выраженным ветровым режимом района, который отличается от зоны светло-каштановых почв и специфичных для них видов растительности.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Наши выводы о целесообразности применения органического препарата «Экобиосфера» подтверждаются морфометрическими показателями видов. Наилучший результат был получен при дозировке препарата для дуба черешчатого, робинии псевдоакалии и джугуна безлистного 10 мл/л, для сосны Крымской – 15 мл/л. В этих вариантах наблюдался самый интенсивный рост. На остальных вариантах число всходов было примерно одинаковым с контролем. Вышеназванные варианты также отличались наивысшим процентом зимней сохранности. Проведенные исследования показали, что наибольшим количеством корней первого порядка и укоренившихся растений отличались виды с внесением препарата «Экобиосфера» в дозировке 10 мл/л. Несколько меньшим, но достаточно высоким процентом корнеобразования обладали сеянцы варианта 15 мл/л.

Отсутствие внесения биостимулятора роста сказалось тормозящим образом на росте сеянцев в варианте контроля: они практически прекратили приросты по высоте, в то время как остальные варианты опыта еще продолжали рост и развитие.

В процессе исследований была установлена высокая эффективность гуминового препарата «Экобиосфера» и его положительное влияние на семена и сеянцы. Определена подходящая оптимальная концентрация – 10 мл, которая позволяет ускорить прорастание семян и рост сеянцев. Для робинии псевдоакалии и джугуна безлистного препарат неэффективен ввиду появления заплесневения, что требует дальнейшего изучения и поиска способов борьбы с грибом-возбудителем. В защитных лесных и озеленительных насаждениях засушливой зоны изучаемые виды находят широкое применение по экологическим свойствам и морфологическим признакам. Создание эффективных защитных лесных насаждений в засушливом регионе определяется их правильным размещением на территории в сочетании с назначением, агротехническими мероприятиями и соответствующим уходом, применением передовой технологии во всех производственных процессах выращивания. Так, при противозерозионной организации территории в состав водорегулирующих лесных насаждений вводят дуб и робинию лжеакацию, данные насаждения должны обладать высокими ветрозащитными свойствами, а древесные растения в них – иметь глубокие и хорошо развитые корни, образующие в почве несколько ярусов и повышающие ее водопроницаемость.

Противодефляционные полосы защищают почву и посевы сельскохозяйственных культур от ветрового воздействия. Их выращивают в районах с пыльными бурями, на легких супесчаных и песчаных почвах, на бугристых песках. Робинию лжеакацию возможно выращивать на сильно переветренных почвах, где она прекрасно может сочетаться с джугуном.

Прибалочные и приовражные лесополосы регулируют стоки талых и ливневых вод, переводя их во внутритпочвенный, способны останавливать рост оврагов и скопление снега. В их состав шириной 20–30 м вводят дуб черешчатый (с учетом степени смывости почвы и климата региона). Такие насаждения имеют плотную конструкцию и могут быть многоярусными. В куртинные насаждения инсолируемых склонов оврагов может рекомендоваться сосна крымская и дуб черешчатый путем посадки в шурфы. В зоне пустыни и полупустыни джугун безлистный рекомендуется на закрепление песков.

Проведенные опыты делают перспективными будущие исследования на питомнике по определе-

нию эффективности препарата при предпосевной обработке саженцев и черенков древесных видов для посадок в засушливой зоне.

Благодарности (Acknowledgements)

Авторы выражают благодарность компании «Экобиосфера» за плодотворное сотрудничество. Работа выполнена в рамках Государственного задания № 0713-2019-0009 «Теоретические основы, создание новых конкурентоспособных биотипов сельскохозяйственных культур с высокими показателями продуктивности, качества, устойчивости и сортовые технологии на основе новейших методов и технологических решений в условиях изменяющегося климата».

Библиографический список

1. Адилхан Б. А., Айткулова Р. Э., Айменова Ж. Е. Влияние биостимуляторов на рост и развитие растений // Научные труды ЮГУ им. М. Ауэзова. 2017. № 3 (42). С. 3–6.
2. Безуглова О. С., Горюнов А. В., Полиенко Е. А., Лыхман В. А. О механизмах влияния внекорневой обработки растений гуматами на процессы мобилизации элементов питания в почве // Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование – рекомендации – практические результаты: материалы XIV Международной научно-практической конференции. Минск, 2018. С. 36–38.
3. Васильева Е. А., Рабинович Г. Ю. Оптимизация процесса получения нового биоконсерванта для silosования многолетних трав // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 9. С. 201–208. DOI: 10.33619/2414-2948/46/24.
4. Вергунова А. А., Сокольская О. Б., Проездов П. Н. Особенности размножения и укоренения черенками видов *Salix* на территориях объектов ландшафтной архитектуры Саратовской области // Агрофорсайт. 2020. № 2. С. 12.
5. Вега-Про – спутниковый сервис анализа вегетации [Электронный ресурс]. URL: <http://pro-vega.ru> (дата обращения: 26.12.2021).
6. Зацепина И. В. Способность размножения форм и сортов груши методом зеленого черенкования при использовании стимулятора роста корневина в условиях искусственного тумана // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVIII Международной научной конференции. Брянск, 2021. С. 76–80.
7. Ковалева А. Л., Зиннер Н. С., Некратова А. Н., Щукина А. В. Оценка влияния углекислотных экстрактов пихты сибирской на индекс азотного баланса зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (196). С. 20–26.
8. Крючков С. Н., Стольников А. С. Стратегия сортового семеноводства для искусственного лесоразведения в экстремально засушливых условиях // Научно-агрономический журнал. 2018. № 2 (103). С. 48–50.
9. Крючков С. Н., Морозова Е. В., Иозус А. П. Перспективные методы улучшения качества и урожайности лесосеменных плантаций в засушливых условиях // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 4. С. 148–152.
10. Ламмас М. Е., Шитикова А. В. Влияние биостимуляторов роста на энергию прорастания, всхожесть и интенсивность прорастания семян ярового ячменя // Плодородие. 2021. № 5 (122). С. 61–64. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.15.
11. Мисливец В. А., Острошенко В. Ю., Острошенко В. В. Эффективность применения стимуляторов роста на укоренение черенков рода можжевельник (*Juniperus* L.) // Аграрный вестник Приморья. 2019. № 1 (13). С. 51–55.
12. Никольский М. А., Панкин М. И. Воздействие биоэффективных препаратов на изменение содержания элементов питания и органических кислот в листьях маточных растений винограда // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2018. Т. 18. С. 44–48. DOI: 10.30679/2587-9847-2018-18-44-48.
13. Острошенко В. Ю., Чекушкина Т. Н. Влияние стимулятора роста на посевные качества семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) // Аграрный вестник Приморья. 2017. № 4 (8). С. 58–61.

14. Сурхаев И. Г., Сурхаев Г. А., Рыбашлыкова Л. П. Рост и долголетие хвойных культур в экотопах песков Терско-Кумского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 182–192. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-17.
15. Труфанов А. М., Щукин С. В., Котьяк П. А., Чебыкина Е. В. Использование биопрепаратов при возделывании малины по органической технологии // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 2 (54). С. 16–21. DOI: 10.35694/YARCX.2021.54.2.003.
16. Экобиосфера [Электронный ресурс]. URL: <https://ecobiosfera.ru> (дата обращения: 02.09.2021).
17. Maksutbekova G. T., Auelbekova A. K., Tleukenova S. U. et al. Heat and drought tolerance of woody and shrub plants in the Zhezkazgan industrial region // Annals of Agri Bio Research. 2019. Vol. 24. No. 2. Pp. 216–220.
18. Klein T., Zeppel M. J. B., Anderegg W. R. L. et al. Xylem embolism refilling and resilience against drought-induced mortality in woody plants: processes and trade-offs // Ecological Research. 2018. Vol. 33. No. 5. Pp. 839–855. DOI: 10.1007/s11284-018-1588-y.
19. Liu Y., Gentine P., Konings A. G., Kennedy D. Global Coordination in Plant Physiological and Rooting Strategies in Response to Water Stress [e-resource] // Global Biogeochemical Cycles. 2021. Vol. 35. No. 7. Article number e2020GB006758. URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2020GB006758> (date of reference: 12.10.2021). DOI: 10.1029/2020GB006758.

Об авторах:

Алмагуль Кадыргалиевна Романенко¹, аспирант, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-6705-6135, AuthorID 1125490; +7 904 422-96-82, romanenko-ak@vfanc.ru
 Андрей Валерьевич Солонкин¹, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель селекционно-семеноводческого центра, ORCID 0000-0002-1576-7824, AuthorID 822657; mishamax73@mail.ru
 Александра Сергеевна Соломенцева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-5857-1004, AuthorID 756338; +7 906 403-76-58, alexis2425@mail.ru
 Сергей Анатольевич Егоров¹, аспирант, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8234-7355, AuthorID 1124794; +7 995 426-36-74; serzh-egorov-94@mail.ru

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

The use of humic preparations for the cultivation of planting material of woody plants in the arid region

A. K. Romanenko¹, A. V. Solonkin¹, A. S. Solomentseva¹✉, S. A. Egorov¹

¹ Federal Research Centre for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

✉ E-mail: alexis2425@mail.ru

Abstract. The purpose is to study the effect of the organic preparation “Ekobiosfera” of various spectrum of action on morphophysiological processes during the germination of seeds of *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.), *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Calligonum aphyllum* (Pall.). **Research methodology.** The experiments were carried out in laboratory conditions in three variants of applying the drug – 10, 15 and 20 ml/l of water, stratified and scarified seeds were soaked in a working solution for 12 hours to a day, their growth and development were observed in the laboratory in the plant rooms, and immediately before planting in the substrate (zonal light-chestnut soil + peat) conditions. The repetition of the experiment is three-fold, with control, 20 plants in each variant of the experiment. **Results.** In the course of research, the authors have established the necessity and expediency of using the drug “Ekobiosfera” as a biostimulator for the growth of phytomass and roots. The most optimal dosage for the growth and development of samples of woody species is 10 and 15 ml/l. With an increase or decrease in the dose, plants experienced wilting and inhibition of growth, a lower percentage of preservation. Also, the positive effect of LED lighting on seedlings of oak and Crimean pine was found. For robinia pseudoacacia, the selection of the optimal dose of the drug and lighting is required, for the leafless juzgun, the drug is ineffective due to the inconsistency of soil and climatic conditions of cultivation, which requires further study. Thus, the positive effect of the organic preparation “Ekobiosfera” on the growth and development of coniferous and deciduous species for nursery breeding in the arid zone was noted. **Scientific novelty.** In the conditions of the arid region, the effect of the organic preparation “Ekobiosfera” on tree species was studied for the first time. Taking into account the reaction

of the seeds of the studied plants, effective doses of introducing a growth stimulant have been developed, optimal lighting options for plants in the process of growing have been proposed.

Keywords: biostimulators of growth, development, growth, “Ekobiosfera”, rational nature management, arid region.

For citation: Romanenko A. K., Solonkin A. V., Solomentseva A. S., Egorov S. A. Ispol'zovanie guminovykh preparatov dlya vyrashchivaniya posadochnogo materiala drevesnykh rasteniy v aridnom regione [The use of humic preparations for the cultivation of planting material of woody plants in the arid region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 2–15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15. (In Russian.)

Date of paper submission: 05.05.2022, **date of review:** 13.05.2022, **date of acceptance:** 19.05.2022.

References

1. Adilhan B. A., Aitkulova R. E., Aimenova Zh. E. Vliyanie biostimulyatorov na rost i razvitie rastenii [The effect of biostimulants on plant growth and development]. Nauchnye Trudy YuKGU im. M. Auezova. 2017. No. 3 (42). Pp. 3–6. (In Russian.)
2. Bezuglova O. S., Gorovtsov A. V., Polienko E. A., Lyhman V. A. O mekhanizmah vliyaniya vnekornevoi obrabotki rastenii gumatami na process mobilizatsii elementov pitaniya v pochve [On the mechanisms of influence of foliar treatment of plants with humates on the processes of mobilization of nutrients in the soil] // Biologicheski aktivnye preparaty dlya rastenievodstva. Nauchnoe obosnovanie-rekomendatsii-prakticheskie rezyltaty: materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Minsk, 2018. Pp. 36–38. (In Russian.)
3. Vasilyeva E. A., Rabinovich G. Yu. Optimizatsiya protsessa polucheniya novogo biokonservanta dlya silisosovaniya mnogoletnikh trav [Optimization of the process of obtaining a new bioconservant for silage of perennial grasses] // Bulletin nauki i praktiki. 2019. Vol. 5. No. 9. Pp. 201–208. DOI: 10.33619/2414-2948/46/24. (In Russian.)
4. Vergunova A. A., Sokolskaya O. B., Proezdov P. N. Osobennosti razmnzheniya i ukoreneniya cherenkami vidov *Salix* na territoriyakh ob'ektov landshaftnoy arkhitektury Saratovskoy oblasti [Features of propagation and rooting by cuttings of *Salix* species on the territories of landscape architecture objects of the Saratov region] // Agroforsait. 2020. No. 2. Pp. 12. (In Russian.)
5. Vega-Pro – sputnikovyi servis analiza vegetatsii [Vega-Pro – satellite vegetation analysis service] [e-resource]. URL: <http://pro-vega.ru> (date of reference: 26.12.2021). (In Russian.)
6. Zatsepina I. V. Sposobnost' razmnzheniya form i sortov grushi metodom zelenogo cherenkovaniya pri isrol'zovanii stimulyatora rosta kornevina v usloviyakh iskusstvennogo tumana [The ability to propagate forms and varieties of pears by the method of green cuttings when using the growth stimulator kornevin in conditions of artificial fog] // Agroecologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya APK: materialy XVIII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Bryansk, 2021. Pp. 76–80. (In Russian.)
7. Kovaleva A. L., Zinner N. S., Nekratova A. N., Shchukina A. V. Otsenka vliyaniya uglekislotnykh ekstraktov pikhty sibirskoy na indeks azotnogo balansa zernovykh kul'tur [Assessment of the effect of carbon dioxide extracts of Siberian fir on the nitrogen balance index of grain crops] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. No. 2 (196). Pp. 20–26. (In Russian.)
8. Kryuchkov S. N., Stol'nov A. S. Strategiya sortovogo semenovodstva dlya iskusstvennogo lesorazvedeniya v ekstremal'no zasushlivykh usloviyakh [Strategy of varietal seed production for artificial afforestation in extremely arid conditions] // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2018. No. 2 (103). Pp. 48–50. (In Russian.)
9. Kryuchkov S. N., Morozova E. V., Iozus A. P. Perspektivnye metody uluchsheniya kachestva i urozhaynosti lesosemnnykh plantatsiy v zasushlivykh usloviyakh [Promising methods for improving the quality and yield of forest seed plantations in arid conditions] // Uspekhi sovremennoy nauki. 2017. Vol. 2. No. 4. Pp. 148–152. (In Russian.)
10. Lammas M. E., Shitikova A. V. Vliyanie biostimulyatorov rosta na energiyu prorstaniya, vskhozhest' i intensivnost' prorstaniya semyan yarovogo yachmenya [Influence of biostimulants of growth on germination energy, germination and intensity of germination of spring barley seeds] // Plodorodie. 2021. No. 5 (122). Pp. 61–64. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.15. (In Russian.)
11. Mislivets V. A., Ostroshenko V. Yu., Ostroshenko V. V. Effektivnost' primeneniya stimulyatorov rosta na ukorenenie cherenkov roda *mozhevel'nik* (*Juniperus* L.) [The effectiveness of the use of growth stimulants for rooting cuttings of the juniper genus (*Juniperus* L.)] // Agrarnyy vestnik Primor'ya. 2019. No. 1 (13). Pp. 51–55. (In Russian.)
12. Nikol'skiy M. A., Pankin M. I. Vozdeystvie bioeffektivnykh preparatov na izmenenie sodержaniya elementov pitaniya i organicheskikh kislot v list'yakh matochnykh rasteniy vinograda [The effect of bioeffective drugs on the

change in the content of nutrients and organic acids in the leaves of the mother plants of grapes] // Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya. 2018. Vol. 18. Pp. 44–48. DOI: 10.30679/2587-9847-2018-18-44-48. (In Russian.)

13. Ostroshenko V. Yu., Chekushkina T. N. Vliyanie stimulyatora rosta na posevnye kachestva semyan sosny obyknovennoj (*Pinus silvestris* L.) [The effect of a growth stimulator on the sowing qualities of the seeds of scots pine (*Pinus silvestris* L.)] // Agrarnyy vestnik Primor'ya. 2017. No. 4 (8). Pp. 58–61. (In Russian.)

14. Surkhaev I. G., Surhaev G. A., Rybashlykova L. P. Rost i dolgoletie khvoynykh kul'tur v ekotopakh peskov Tersko-Kumskogo mezhdurech'ya [Growth and longevity of coniferous crops in the ecotopes of the sands of the Tersko-Kuma interfluve] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vsshnee professional'noe obrazovanie. 2020. No. 4 (60). Pp. 182–192. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-17. (In Russian.)

15. Trufanov A. M., Shchukin S. V., Kotyak P. A., Chebykina E. V. Ispol'zovanie biopreparatov pri vozdeleyvanii maliny po organicheskoy tekhnologii [The use of biological products in the cultivation of raspberries using organic technology] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2021. No. 2 (54). Pp. 16–21. DOI: 10.35694/YARCX.2021.54.2.003. (In Russian.)

16. Ekobiosfera [e-resource]. URL: <https://ecobiosfera.ru> (date of reference: 02.09.2021). (In Russian.)

17. Maksutbekova G. T., Auelbekova A. K., Tleukenova S. U. et al. Heat and drought tolerance of woody and shrub plants in the Zhezkazgan industrial region // Annals of Agri Bio Research. 2019. Vol. 24. No. 2. Pp. 216–220.

18. Klein T., Zeppel M. J. B., Anderegg W. R. L. et al. Xylem embolism refilling and resilience against drought-induced mortality in woody plants: processes and trade-offs // Ecological Research. 2018. Vol. 33. No. 5. Pp. 839–855. DOI: 10.1007/s11284-018-1588-y.

19. Liu Y., Gentine P., Konings A. G., Kennedy D. Global Coordination in Plant Physiological and Rooting Strategies in Response to Water Stress [e-resource] // Global Biogeochemical Cycles. 2021. Vol. 35. No. 7. Article number e2020GB006758. URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2020GB006758> (date of reference: 12.10.2021). DOI: 10.1029/2020GB006758.

Authors' information:

Almagul' K. Romanenko¹, postgraduate, junior researcher, ORCID 0000-0002-6705-6135, AuthorID 1125490; +7 904 422-96-82, romanenko-ak@vfanc.ru

Andrey V. Solonkin¹, doctor of agricultural sciences, head of the breeding and seed-growing center, ORCID 0000-0002-1576-7824, AuthorID 822657; mishamax73@mail.ru

Aleksandra S. Solomentseva¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-5857-1004, AuthorID 756338; +7 906 403-76-58, alexis2425@mail.ru

Sergey A. Egorov¹, postgraduate, junior researcher, ORCID 0000-0001-8234-7355, AuthorID 1124794; +7 995 426-36-74, serzh-egorov-94@mail.ru

¹Federal Research Centre for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Значимость комплексной оценки селекционных индексов и параметров стрессоустойчивости сортов озимой ржи

И. В. Сафонова[✉], Н. И. Аниськов¹

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

✉E-mail: isafonova@vir.nw.ru

Аннотация. Среди зерновых культур озимая рожь – одна из востребованных, хорошо приспособленных к условиям Северо-Запада. В настоящее время большая часть селекционеров применяет различные селекционные индексы в совокупности с определением стрессоустойчивости. **Цель** настоящей работы – изучить коллекционные образцы озимой ржи по урожайности и элементам структуры продуктивности и выделить наиболее адаптивные для селекции в условиях Северо-Западного региона. **Методы.** Экспериментальная часть выполнялась в течение 2018–2021 гг. на опытном участке ВИР, расположенном в Северо-Западном регионе. Определены: мексиканский индекс (M_x), канадский индекс (K_c), индекс линейной плотности колоса (ЛПК), индекс продуктивности растений (ИПР), финско-скандинавский индекс (FSj), индекс перспективности (J.P.), индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j). Вычисление параметров стрессоустойчивости проводили, используя следующие показатели: устойчивость к стрессу ($Y_{min} - Y_{max}$), генетическая гибкость $(Y_{min} + Y_{max})/2$, стабильность сорта (Y_{min}/Y_{max}), коэффициент стрессоустойчивости ($K_{ст}$) определяли по А. А. Быкову. **Результаты.** Лучшие условия для формирования урожайности были в 2020 и 2021 г. ($I_j = +2,03; +1,8$). 2018 и 2019 г. – неблагоприятные ($I_j = -1,3; -2,5$). Максимальный урожай получен в 2020 г. у диплоидных сортов ржи Офелия (10,3 т/га) и Ясельда (9,0 т/га), у тетраплоидного сорта Сибирь 4. Результаты проведенных исследований показали, что наибольшее преимущество имеют сорта Сибирь (Σ ранг = 41), Эврика (Σ ранг = 55), Ильмень (Σ ранг = 55), Офелия (Σ ранг = 56), Сибирь 4 (Σ ранг = 58), Веросим (Σ ранг = 59). **Научная новизна** заключается в исследовании 12 сортов озимой ржи (7 диплоидной и 5 тетраплоидной). Благодаря проведенной оценке они разделены по реакции сортов на условия внешней среды на стрессоустойчивые и стрессонеустойчивые.

Ключевые слова: озимая рожь, сортообразец, урожайность, селекционные индексы, стрессоустойчивость, ранг, адаптивность.

Для цитирования: Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Значимость комплексной оценки селекционных индексов и параметров стрессоустойчивости сортов озимой ржи // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 16–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26.

Дата поступления статьи: 05.04.2022, **дата рецензирования:** 15.04.2022, **дата принятия:** 27.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Озимая рожь – ценная в агротехническом плане зерновая культура России, которая имеет много достоинств по сравнению с другими культурами. Основное из них – способность формировать rentабельные урожаи на любых почвах и экстремальных условиях большинства регионов страны [1, с. 3–9]. Эта способность является желательным признаком. Факторы, оказывающие влияние на реакцию сортов, меняются как во времени (годы), так и в пространстве. При выведении и внедрении сортов, адаптированных к местным условиям, возникает проблема отобрать генотипы ржи, предпочтитель-

ные по основным хозяйственно-ценным показателям в разных условиях возделывания. Выбор по фенотипу был и остается в настоящее время наиболее распространенным методом по своей простоте и достаточной эффективности. Повышению результативности этой работы по показателю урожайности в селекционном процессе способствует использование селекционных индексов [2, с. 7; 3, с. 36; 4, с. 42]. Информационная ценность этих показателей напрямую зависит от среды, в которой выполняется отбор (недостаток или избыток влаги, повышенная температура воздуха, болезни и т. д.). Растения во время реализации своей генетической

программы показывают разнообразную реакцию разных признаков на изменение условий периода вегетации [5, с. 101; 6, с. 129; 7, с. 48]. Это во многом зависит от действия лимитирующих факторов на компоненты индекса. Индексы используются практически на всех этапах селекционного процесса [8, с. 12; 9, с. 322; 10, с. 11–18]. Они могут быть использованы для одновременной селекции по нескольким признакам или повышенной эффективности отбора по одному признаку [11, с. 535]. В настоящее время известны и применяются различные селекционные индексы, но существующие мнения по поводу их достоверности, информативности и применению различаются. Преимущества индексов перед абсолютными величинами заключается в установлении какой-либо закономерности между этими величинами и уменьшении влияния факторов среды на проявление хороших генотипов [12, с. 275].

Оценка по продуктивности сохраняет свое значение как на ранних этапах селекционного процесса, когда отбираются элитные растения и испытывается их потомство, так и позднее, когда появляется возможность определять урожайность селекционных номеров. Для оценки зерновой продуктивности актуален поиск метода, по которому наиболее полно и объективно можно осуществлять отбор высокопродуктивных растений. Более всего под такой критерий подходят селекционные индексы или индексы отбора, интегрированные показатели комплексной оценки продуктивности, отражающие закономерности между продуктивностью и признаками растения или между отдельными компонентами, участвующими в формировании урожая. Преимущество отбора по индексам заключается в возможности оценивать селекционный материал не по одному признаку, а по совокупности признаков, тесно взаимосвязанных с параметрами продуктивности [13, с. 27]. Ценность адаптивных сортов зависит не только от абсолютных значений урожайности, но и в значительной степени от экологической пластичности, т. е. способности в широком диапазоне почвенно-климатических условий формировать продуктивность, близкую к потенциальной, обладать устойчивостью к болезням и повреждениям вредителями, способностью быстро реагировать на улучшение условий выращивания [14, с. 71]. Для оценки на адаптивность (ряда приспособительных свойств организма) и отбора ценного исходного селекционного материала используют набор методик, позволяющих установить достоверность наблюдаемых различий и получить необходимую информацию о потенциальной продуктивности и экологической пластичности растений. Следует учитывать, что оценка параметров устойчивости отчасти относительна, т. к. зависит от набора анализируемых сортов и может иметь иное абсолютное значение при сравнении с другими сортообразцами. Для иденти-

фикации механизмов пластичности и стабильности новых генотипов необходимо ориентироваться на известные сорта, обладающие разными типами устойчивости и пластичности, чаще всего это хорошо зарекомендовавшие себя районированные сорта. Цель исследований – изучить коллекционные образцы озимой ржи по урожайности и элементам структуры продуктивности и выделить наиболее адаптивные для селекции в условиях Северо-Западного региона.

Методология и методы исследования (Methods)

В ВИР с 2018 по 2021 гг. на опытных полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» проводили сортоиспытание 12 образцов диплоидной и тетраплоидной озимой ржи [15, с. 153]. Почвы опытного участка дерново-подзолистые, легкосуглинистые, супесчаные, среднекультурные, предшественник – чистый пар. В Северо-Западном регионе сроки посева озимой ржи – с 25 августа по 5 сентября. Изучаемые образцы были заложены в эти же оптимальные сроки. Их высевали селекционной сеялкой ССФК-7 из расчета 400 всхожих зерен на 1 м². Площадь делянки – 2 м², повторность двукратная. Осенью появились дружные всходы, полевая всхожесть изучаемых образцов составила 90–95 %. Весной после схода снега в годы изучения рожь хорошо перезимовала, у диплоидных сортов зимостойкость составила 80–85 %, а у тетраплоидных 70–80 %. Весной посевы подкармливали полным минеральным удобрением (NPK), проводили рыхление и прополку делянок вручную. Дорожки обрабатывали механизированным мини-культиватором. Фенологические наблюдения, анализ элементов структуры урожая, оценки и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР [16, с. 35]. Материалом исследований послужили данные структурного урожая и учета урожая в коллекционном питомнике. Для оценки «генотип – среда» нами были использованы селекционные индексы, которые наиболее часто используются в практике селекционного процесса большинства сельскохозяйственных культур:

1. Мексиканский индекс (M_x) – отношение массы зерна с колоса к высоте растений, см.
2. Канадский индекс (K_c) – отношение веса зерна колоса к длине колоса, см.
3. Индекс линейной плотности колоса (ЛПК) – отношение количества зерен в колосе к длине колоса, см.
4. Индекс продуктивности растений (ИПР) – отношение произведения количества зерен в колосе на вес зерна с колоса к длине колоса, см.
5. Финско-скандинавский индекс (FSj) – отношение количества зерен в колосе к высоте растений, см.
6. Индекс перспективности (J.P.) – отношение массы 1000 зерен к длине соломины, см.

Таблица 1

Гидротермический режим (Пушкин, 2018–2021 гг.)

Годы исследования	Температура, °С							
	Май		Июнь		Июль		Август	
	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц
2018	11,3	14,3	15,7	16,1	18,8	20,9	16,9	19,2
2019	11,3	12,1	15,7	18,7	18,8	16,6	16,9	17,0
2020	11,3	10,0	15,7	19,1	18,8	17,6	16,9	17,2
2021	11,5	12,1	16,1	21,4	19,3	19,3	17,4	16,9
	Сумма осадков, мм							
	Май		Июнь		Июль		Август	
	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц	Средне-многолетние	Среднее за месяц
2018	46	13,7	71	23,1	79	95,8	83	78,7
2019	46	73	71	23,0	79	93	83	49
2020	46	25	71	66	79	94	83	104
2021	47	139,4	69	22,1	84	50,3	87	135

Table 1

Hydrothermal regime (Pushkin, 2018–2021)

Years of research	Temperature, °C							
	May		June		July		August	
	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average
2018	11.3	14.3	15.7	16.1	18.8	20.9	16.9	19.2
2019	11.3	12.1	15.7	18.7	18.8	16.6	16.9	17.0
2020	11.3	10.0	15.7	19.1	18.8	17.6	16.9	17.2
2021	11.5	12.1	16.1	21.4	19.3	19.3	17.4	16.9
	Amount of precipitation, mm							
	May		June		July		August	
	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average	Long-time average annual	Monthly average
2018	46	13.7	71	23.1	79	95.8	83	78.7
2019	46	73	71	23.0	79	93	83	49
2020	46	25	71	66	79	94	83	104
2021	47	139.4	69	22.1	84	50.3	87	135

7. Индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j).

Вычисление параметров адаптивности проводили, используя следующие показатели:

1. Устойчивость к стрессу = $Y_{min} - Y_{max}$ (1),

где Y_{min} – минимальная урожайность, т/га;

Y_{max} – максимальная урожайность, т/га.

2. Компенсаторная способность = $(Y_{min} + Y_{max})/2$. (2)

3. Стабильность = $\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$. (3)

4. А. А. Быков для характеристики сорта использует коэффициент стрессоустойчивости:

$$K_{ст.} = \frac{\sum Y_{min}}{n} / \frac{\sum Y_{max}}{m}, \quad (4)$$

где $K_{ст.}$ – коэффициент стрессоустойчивости;

$\sum Y_{min}$ – сумма минимальных урожаев, не превышающих показатель средней урожайности, т/га;

$\sum Y_{max}$ – сумма максимальных урожаев, превышающих показатель средней урожайности;

n – количество лет с урожайностью ниже среднемноголетнего показателя;

m – количество лет с урожайностью выше среднемноголетнего показателя.

В годы закладки и проведения опыта гидротермический режим отличался от среднемноголетних значений как по сумме положительных температур, так и по распределению осадков в течении вегетации, пониженными температурами в мае и июне и повышенными в июле, августе (таблица 1).

Неравномерное выпадение осадков в мае, недостаток июне, превышение среднемноголетней нормы в июле и августе отмечались в 2018 г. Май 2019 г. был прохладным и дождливым, а в июне, июле, августе температура воздуха на уровне среднемноголетней. Недостаток влаги наблюдался в июне и августе. Агробиологические условия для роста, развития и формирования высокой продуктивности были более благоприятными в 2020 и 2021 гг.

Таблица 2

Урожайность диплоидных и тетраплоидных сортов озимой ржи в условиях Северо-Западного региона (Пушкин, 2018–2021 гг.)

№ каталога ВИР	Название сорта	Урожайность, т/га						± к стандарту	% к стандарту
		2018	2019	2020	2021	Σ	Среднее		
Диплоидные сорта (<i>Secale cereale v. vulgare</i> Koern)									
11000	Ильмень	3,39	2,91	8,0	5,5	19,8	4,94	–	–
11868	Офелия	3,27	2,97	10,3	9,4	25,9	6,48	+0,65	113,2
11569	Ясельда	3,65	3,03	9,0	7,6	23,2	5,8	+1,55	131,4
11863	Восток	3,29	2,78	7,1	6,8	19,9	5,15	+0,88	117,9
11867	Эврика	4,6	1,5	6,8	6,9	19,8	4,96	+0,85	117,2
11755	Ирина	3,68	3,04	7,8	7,5	22,0	5,5	+0,57	111,5
11880	Сигма	3,4	1,05	0,9	6,9	7,25	1,8	–3,1	36,5
Тетраплоидные сорта (<i>Secale cereale v. nudipaleatum</i> Kobyl.)									
11089	Верасень	2,65	1,75	6,7	6,9	18,0	4,5	–0,44	91,1
11869	Пламя	3,72	1,98	7,3	7,2	20,2	5,05	+0,11	102,2
11754	Сибирь	3,11	2,6	6,2	5,8	17,7	4,43	–0,51	89,7
11805	Сибирь 4	3,62	2,9	8,5	6,4	21,4	5,36	+0,42	108,5
11879	Веросим	3,61	1,08	3,2	2,1	10,0	2,5	–2,44	50,6
Σ <i>Y_i</i>		42,0	27,59	81,8	79,0	230,0	4,79		
Среднее <i>Y_j</i>		3,5	2,3	6,82	6,58	19,2			
<i>I_j</i>		–1,3	–2,5	+2,03	+1,8				

Agrotechnologies

Table 2
Productivity of diploid and tetraploid varieties of winter rye in the conditions of the North-Western region (Pushkin, 2018–2021)

VTR catalog number	Name of the variety	Yield, t/ha						± to standard	% to standard
		2018	2019	2020	2021	Σ	Average		
Diploid varieties (<i>Secale cereale</i> v. <i>vulgare</i> Koern)									
11000	Il'men'	3.39	2.91	8.0	5.5	19.8	4.94	–	–
11868	Ofeliya	3.27	2.97	10.3	9.4	25.9	6.48	+0.65	113,2
11569	Yasel'da	3.65	3.03	9.0	7.6	23.2	5.8	+1.55	131,4
11863	Vostok	3.29	2.78	7.1	6.8	19.9	5.15	+0.88	117,9
11867	Evrika	4.6	1.5	6.8	6.9	19.8	4.96	+0.85	117,2
11755	Irina	3.68	3.04	7.8	7.5	22.0	5.5	+0.57	111,5
11880	Sigma	3.4	1.05	0.9	6.9	7.25	1.8	–3.1	36,5
Tetraploid varieties (<i>Secale cereale</i> v. <i>nudipaleatum</i> Kobyl.)									
11089	Verasen'	2.65	1.75	6.7	6.9	18.0	4.5	–0.44	91,1
11869	Plamya	3.72	1.98	7.3	7.2	20.2	5.05	+0.11	102,2
11754	Sibir'	3.11	2.6	6.2	5.8	17.7	4.43	-0.51	89,7
11805	Sibir' 4	3.62	2.9	8.5	6.4	21.4	5.36	+0.42	108,5
11879	Verosim	3.61	1.08	3.2	2.1	10.0	2.5	–2.44	50,6
Σ Yi		42,0	27.59	81.8	79.0	230.0	4.79		
Average Yj		3,5	2.3	6.82	6.58	19.2			
Ij		–1.3	–2,5	+2.03	+1.8				

Результаты (Results)

Одним из приоритетных параметров, определяющих целесообразность возделывания сорта, является урожайность, которая напрямую зависит от биологических особенностей сорта, почвенно-климатических условий возделывания, степени приспособленности к совокупности отрицательных факторов произрастания и приемов технологии возделывания. Величина урожайности является результатом компромисса продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам (таблица 2).

Более благоприятные условия для формирования урожайности были отмечены в 2020 и 2021 гг. ($J_j = +2,03; +1,8$). 2018 и 2019 гг. выдались неблагоприятными ($J_j = -1,3; -2,5$ соответственно). Наибольший уровень формирования зерна был выявлен в 2020 г. у диплоидных сортов: Офелия (10,3 т/га), Ясельда (9,0 т/га). У тетраплоидных –

Сибирь 4 (8,5 т/га). Низкая урожайность была отмечена в 2019 г. у сорта Сигма (1,05 т/га) и сорта тетраплоидной ржи Веросим (1,08 т/га).

В результате дисперсионного анализа [17, с. 300] выявлено значительное влияние экологического фона (годы) (46,7 %) и генотипического потенциала образцов (25,6 %) при уровне значимости 5 % ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{крит.}}$) (таблица 3). Эффективность различных селекционных программ по созданию адаптивных сортов по разным культурам достигается за счет использования различных селекционных индексов как маркеров продуктивности растений (таблица 4).

Мексиканский индекс (M_x) показывает способность соломины нести нагрузку колоса и устойчивость к полеганию. Более высокий M_x отмечен у образцов Офелия ($M_x = 0,023$), Эврика ($M_x = 0,022$), Ильмень ($M_x = 0,020$) (таблица 5).

Таблица 3
Результаты дисперсионного анализа урожайности коллекционных образцов озимой ржи в 2018–2021 гг.

Источник вариации	SS	Df	MS	F _{факт.}	F _{крит.}	Доля вклада, %
Общий	1347	47	—	—	—	—
Фактор А (среда)	526	3	208,6	17,7	8,6	46,7
Фактор В (генотип)	331,1	11	30,1	2,6	2,4	25,6
Остаток	390	33	10,8	—	—	—

Примечание. SS – сумма квадратов отклонений; Df – число степеней свободы; MS – средний квадрат; F_{факт.} – фактическое значение отношения Фишера; F_{крит.} – критическое значение отношений Фишера.

Table 3
The results of the variance analysis of the yield of collection samples of winter rye in 2018–2021

Source of variation	SS	Df	MS	F _{fact}	F _{critical}	The share of the contribution, %
General	1347	47	—	—	—	—
Factor A (environment)	526	3	208.6	17.7	8.6	46.7
Factor B (genotype)	331.1	11	30.1	2.6	2.4	25.6
Remains	390	33	10.8	—	—	—

Note. SS – is the sum of squared deviations; Df – is the number of degrees of freedom; MS – is the mean square; F_{fact} is the actual value of the Fisher ratio; F_{critical} is the critical importance of Fischer's relationship.

Таблица 4
Элементы структуры урожая сортов озимой ржи (Пушкин, 2018–2021 гг.)

Сортообразец	Структура урожая				
	Высота растения, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Вес зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Диплоидные сорта (Secale cereale v. vulgare Koern)					
Ильмень	166	15,3	76	3,4	36,7
Офелия	148	12,2	71	3,4	35,9
Ясельда	161	9,7	60	2,6	35,2
Восток	150	11,8	76	2,0	33,7
Эврика	131	10,5	68	2,9	32,4
Ирина	153	10,7	70	1,9	32,4
Сигма	114	9,7	67	1,8	36,0
Тетраплоидные сорта (Secale cereale v. nudipaleatum Kobyl.)					
Верасень	149	10,2	71	1,7	44,8
Пламя	152	11,4	70	2,2	45,1
Сибирь	142	12,5	78	2,4	44,9
Сибирь 4	156	12,1	74	2,4	39,8
Веросим	133	12,6	77	2,0	43,6

Table 4
Elements of the yield structure of winter rye varieties (Pushkin, 2018–2021)

Variety sample	Crop structure				
	Plant height, cm	Ear length, cm	Number of grains per ear, pcs.	Grain weight from 1 ear, g	Weight of 1000 grains, g
Diploid varieties (Secale cereale v. vulgare Koern)					
Il'men'	166	15,3	76	3,4	36,7
Ofeliya	148	12,2	71	3,4	35,9
Yasel'da	161	9,7	60	2,6	35,2
Vostok	150	11,8	76	2,0	33,7
Eyrika	131	10,5	68	2,9	32,4
Irina	153	10,7	70	1,9	32,4
Sigma	114	9,7	67	1,8	36,0
Tetraploid varieties (Secale cereale v. nudipaleatum Kobyl.)					
Verasen'	149	10,2	71	1,7	44,8
Plamya	152	11,4	70	2,2	45,1
Sibir'	142	12,5	78	2,4	44,9
Sibir' 4	156	12,1	74	2,4	39,8
Verosim	133	12,6	77	2,0	43,6

Канадский индекс (K_1) используют в зонах, где типична весенне-летняя засуха. Более высокая степень K_1 выявлена у сортов Офелия, Ясельда, Эврика, Ильмень: 0,28; 0,27; 0,27; 0,22 соответственно.

Линейная плотность колоса (ЛПК) меняется по годам. Более значимы по этому показателю сорта

Ирина, Верасень, Сигма, Эврика, Восток (ЛПК = 7,3...6,4).

Индекс продуктивности растений (ИПР) является более информативным критерием оценки в связи с тем, что для его расчета применяются три основных элемента продуктивности (длина колоса, число зерен

Таблица 5
Оценка сортообразцов озимой ржи различными селекционными индексами
(среднее за 2018–2021 гг.)

Сортообразец	Селекционные индексы						
	M_x	K_i	ЛПК	ИПР	FSj	J.P.	j
Диплоидные сорта (<i>Secale cereale</i> v. <i>vulgare</i> Koern)							
Ильмень	0,02	0,22	5,1	16,9	0,46	0,22	0,48
Офелия	0,023	0,28	5,7	19,8	0,46	0,24	0,50
Ясельда	0,016	0,27	5,0	16,1	0,37	0,21	0,59
Восток	0,013	0,17	6,4	12,9	0,51	0,23	0,44
Эврика	0,022	0,27	6,5	18,8	0,52	0,25	0,48
Ирина	0,012	0,18	7,3	12,4	0,46	0,21	0,46
Сигма	0,016	0,19	6,9	12,4	0,59	0,32	0,54
Тетраплоидные сорта (<i>Secale cereale</i> v. <i>nudipaleatum</i> Kobyl.)							
Верасень	0,011	0,17	7,0	11,8	0,48	0,30	0,63
Пламя	0,015	0,19	6,1	13,5	0,46	0,30	0,64
Сибирь	0,017	0,19	6,2	15,0	0,55	0,32	0,57
Сибирь 4	0,015	0,20	6,1	14,7	0,47	0,26	0,54
Веросим	0,015	0,16	6,2	12,2	0,58	0,33	0,57

Table 5
Evaluation of winter rye varieties by various breeding indices (average, 2018–2021)

Variety sample	Breeding indexes						
	M_x	K_i	Head linear density index	Plant productivity index	FSj	J.P.	j
Diploid varieties (<i>Secale cereale</i> v. <i>vulgare</i> Koern)							
<i>Il'men'</i>	0.02	0.22	5.1	16.9	0.46	0.22	0.48
<i>Ofeliya</i>	0.023	0.28	5.7	19.8	0.46	0.24	0.50
<i>Yasel'da</i>	0.016	0.27	5.0	16.1	0.37	0.21	0.59
<i>Vostok</i>	0.013	0.17	6.4	12.9	0.51	0.23	0.44
<i>Evrika</i>	0.022	0.27	6.5	18.8	0.52	0.25	0.48
<i>Irina</i>	0.012	0.18	7.3	12.4	0.46	0.21	0.46
<i>Sigma</i>	0.016	0.19	6.9	12.4	0.59	0.32	0.54
Tetraploid varieties (<i>Secale cereale</i> v. <i>nudipaleatum</i> Kobyl.)							
<i>Verasen'</i>	0.011	0.17	7.0	11.8	0.48	0.30	0.63
<i>Plamya</i>	0.015	0.19	6.1	13.5	0.46	0.30	0.64
<i>Sibir'</i>	0.017	0.19	6.2	15.0	0.55	0.32	0.57
<i>Sibir' 4</i>	0.015	0.20	6.1	14.7	0.47	0.26	0.54
<i>Verosim</i>	0.015	0.16	6.2	12.2	0.58	0.33	0.57

в колосе, масса зерна с 1 колоса). Высокое значение ИПР характерно образцам Офелия (19,8), Эврика (18,8), Ильмень (16,9), Ясельда (16,1), Сибирь (15,0).

Финско-скандинавский индекс (FSj) позволяет дать характеристику генотипа по зернообразующей способности. Высокий уровень данного параметра присущ образцам Сигма (0,59), Веросим (0,59), Сибирь (0,55), Эврика (0,52), Восток (0,51).

Индекс перспективности (J.P.) учитывает возможности стебля трансформировать пластические вещества в зерно. Селекционную ценность представляют образцы с более высокими показателями. Нами обращено внимание на сорта Верасень, Сибирь, Сигма, Пламя.

Чем выше индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j), тем выше селекционная ценность сорта. Высокий уровень j характерен сортам Пламя, Верасень, Ясельда, Сибирь, Сигма, Сибирь 4, Офелия.

Основная особенность селекции на адаптивность – контроль стрессоустойчивости и стабильности сортов в процессе селекции. При этом следует иметь в виду, что экологически пластичными сортами будут генотипы, стабильно формирующие высокий уровень урожайности в разнообразных

погодных и агротехнических условиях [18, с. 12]. Важный параметр ценности сорта – устойчивость к стрессовым факторам среды, таким как засуха, переувлажнение, недостаток питания и другие. Считается, что чем выше устойчивость к экстремальным условиям среды и больше потенциальная продуктивность, тем лучше приспособлены сорта к местным условиям. Стрессоустойчивость рассчитывается как разность минимального (Y_{min}) и максимального (Y_{max}) урожая и имеет отрицательное значение. Чем меньше показатель, тем выше стрессоустойчивость. Высокая стрессоустойчивость характерна сортам озимой ржи Веросим (–2,53), Сибирь (–3,6), Ирина (–4,76), Восток (–4,32) (таблица 6).

Показатель генетическая гибкость $(Y_{min} + Y_{max})/2$ отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях. Чем он выше, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды. Максимальное соответствие присуще сортам Офелия, Ясельда, Ирина, Ильмень, Сибирь 4 (6,64; 6,01; 5,45; 5,45; 5,4 соответственно). Показатель стабильности $\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$ характеризует степень варьирования урожая сорта. Более высокий уровень стабильности характерен сортам Сибирь (0,42), Ирина (0,39), Восток (0,39), Ильмень (0,36).

Таблица 6

Оценка образцов ржи по показателям генотипической изменчивости, стрессоустойчивости и гибкости (Пушкин, 2018–2021 гг.)

№ каталога ВИР	Название сорта	Стрессоустойчивость, генетическая гибкость				
		$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	$\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$	$K_{ст.}$	$Y_{min}... Y_{max}$
Диплоидные сорта (<i>Secale cereale</i> v. <i>vulgare</i> Koern)						
11000	Ильмень	-5,1	5,45	0,36	0,47	2,9...8,0
11868	Офелия	-7,33	6,64	0,29	0,32	2,97...10,3
11569	Ясельда	-5,97	6,01	0,34	0,40	3,03...9,0
11863	Восток	-4,32	4,94	0,39	0,44	2,78...7,1
11867	Эврика	-5,4	4,2	0,22	0,45	1,5...6,9
11755	Ирина	-4,76	5,45	0,39	0,44	3,04...7,8
11880	Сигма	-6,85	3,97	0,15	0,19	1,05...6,9
Тетраплоидные сорта (<i>Secale cereale</i> v. <i>nudipaleatum</i> Kobyl.)						
11089	Верасень	-5,15	4,3	0,25	0,32	1,75...6,9
11869	Пламя	-5,38	4,25	0,27	0,39	1,98...7,3
11754	Сибирь	-3,6	4,4	0,42	0,48	2,6...6,2
11805	Сибирь 4	-5,6	5,4	0,34	0,44	2,9...8,5
11879	Веросим	-2,53	2,35	0,30	0,47	1,08...3,61

Table 6

Evaluation of rye samples by indicators of genotypic variability, stress resistance and flexibility (Pushkin, 2018–2021)

VIR catalog number	Name of the variety	Stress resistance, genetic flexibility				
		Ymin – Ymax	(Ymin+Ymax)/2	$\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$	Stress resistance coefficient	Ymin... Ymax
Diploid varieties (Secale cereale v. vulgare Koern)						
11000	Il'men'	-5.1	5.45	0.36	0.47	2.9...8.0
11868	Ofeliya	-7.33	6.64	0.29	0.32	2.97...10.3
11569	Yasel'da	-5.97	6.01	0.34	0.40	3.03...9.0
11863	Vostok	-4.32	4.94	0.39	0.44	2.78...7.1
11867	Evrika	-5.4	4.2	0.22	0.45	1.5...6.9
11755	Irina	-4.76	5.45	0.39	0.44	3.04...7.8
11880	Sigma	-6.85	3.97	0.15	0.19	1.05...6.9
Tetraploid varieties (Secale cereale v. nudipaleatum Kobyl.)						
11089	Verasen'	-5.15	4.3	0.25	0.32	1.75....6.9
11869	Plamya	-5.38	4.25	0.27	0.39	1.98...7.3
11754	Sibir'	-3.6	4.4	0.42	0.48	2.6....6.2
11805	Sibir' 4	-5.6	5.4	0.34	0.44	2.9...8.5
11879	Verosim	-2.53	2.35	0.30	0.47	1.08...3.61

По мнению А. А. Быкова, стрессоустойчивость – это совокупность признаков, позволяющих сорту переносить длительное или мгновенное действие отрицательных условий возделывания [19, с. 60]. Для определения уровня этого показателя он предложил использовать поведение сорта в благоприятных и неблагоприятных условиях. Чем данный параметр выше, тем чаще генотип способен формировать высокий уровень урожайности. К группе высокострессоустойчивых сортов вошли Сибирь, Веросим, Ильмень, Эврика, Восток, Ирина, Сибирь 4 ($K_{ст.} = 0,48...0,44$). При практическом сравнении оценок селекционных индексов и показателей стрессоустойчивости довольно часто используется метод ранжирования сортов, и окончательная оценка проводится по сумме рангов. Считается, что сорта с меньшей суммой рангов более стрессоустойчивые. Ранжирование данного набора

изученных образцов показало преимущество сортов Сибирь, Эврика, Ильмень, Офелия, Сибирь 4, Веросим, Ясельда (рис. 1).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Максимальный уровень формирования зерна был в 2020 г. у диплоидных сортов Офелия (10,3 т/га), Ясельда (9,0 т/га), у тетраплоидного сорта Сибирь 4 (8,5 т/га); минимальный – в 2019 г. у сортов Сигма (1,05 т/га), Эврика (1,5 т/га), Веросим (1,08 т/га).

2. По результатам проведенного изучения нужно обратить пристальное внимание на применение мексиканского индекса (M_x), коэффициента стрессоустойчивости ($K_{ст.}$), индекса перспективности (J.P.), финско-скандинавского индекса (FSj), индекса отношений массы 1000 зерен к числу зерен (j), стабильности ($\frac{Y_{min}}{Y_{max}}$).

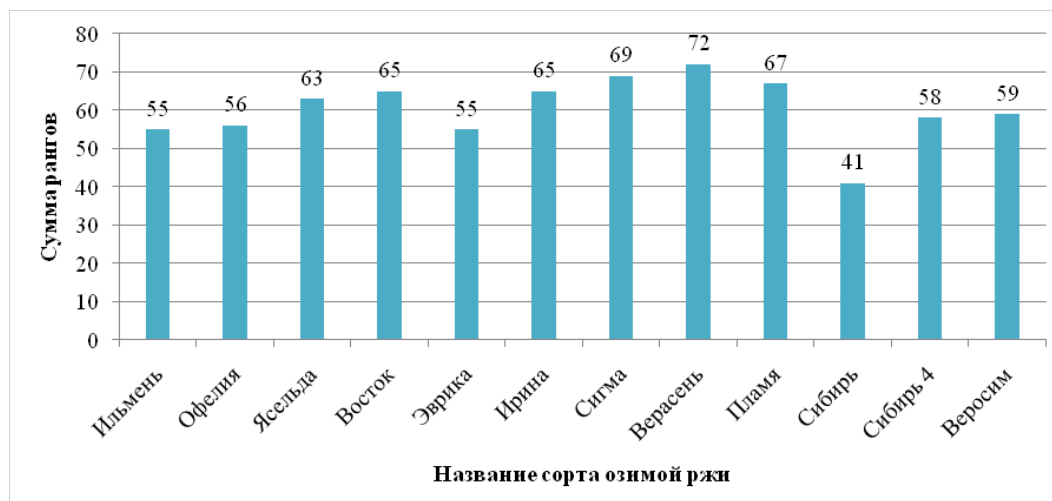


Рис. 1. Ранжирование сортов озимой ржи по селекционным индексам и стрессоустойчивости

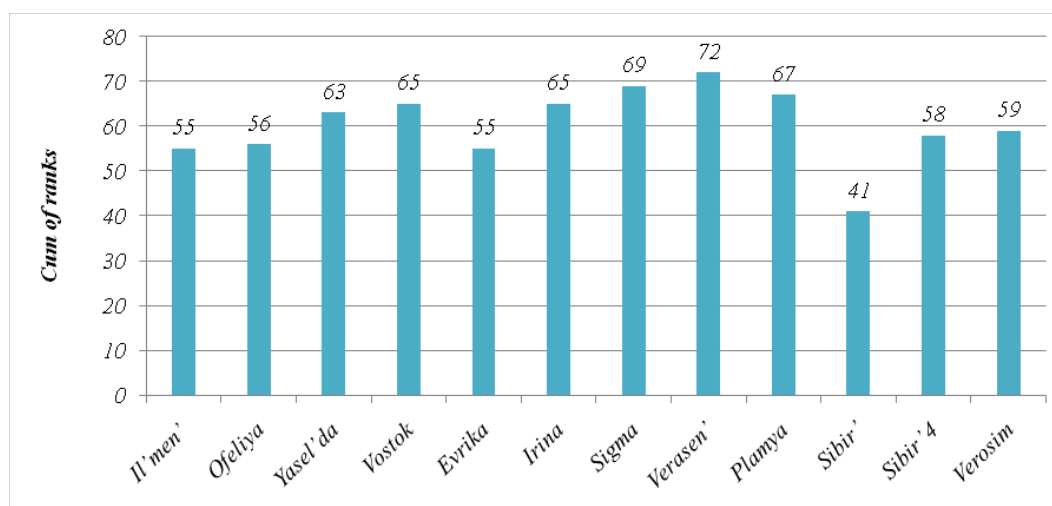


Fig. 1. Ranking of winter rye varieties by breeding indices and stress resistance

3. По сумме рангов в нашем исследовании высокой устойчивостью к варьирующим условиям Северо-Западного региона обладали сорта Сибирь (Σ рангов = 41), Эврика (55), Ильмень (55), Офелия (56), Сибирь 4 (58), Веросим (59).

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по про-

екту № 0481-2022-0001 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития, оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Библиографический список

1. Гончаренко А. А., Макаров Л. В., Ермаков С. А., Семенова Т. В. [и др.] Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9.
2. Čeh B., Štraus S., Hladnik A., Kušar A. Impact of Linseed Variety, Location and Production Year on Seed Yield, Oil Content and Composition [e-resource] // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 11. Article number 1770. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1770> (date of reference: 31.03.2022). DOI: 10.3390/agronomy10111770.
3. Манукян И. Р., Басиева М. А. Использование селекционных индексов для оценки адаптивного потенциала коллекционных образцов озимой тритикале к условиям предгорной зоны Центрального Кавказа // Горное сельское хозяйство. 2018. № 2. С. 33–37.
4. Драгавцев В. А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и теория селекционных индексов // Экологическая генетика культурных растений: сборник докладов на Школе молодых ученых по экологической генетике. Краснодар, 2021. С. 31–50.

5. Kyrlyuk A., Kostecka J. Pro-Environmental and Health-Promoting Grounds for Restitution of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivation // *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21. No. 7. Pp. 99–107.
6. Плиско Л. Г., Пакуль К. Н. Оценка селекционных линий яровой мягкой пшеницы // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 12 (66). Ч. 3. С. 127–130.
7. Николаев П. Н., Юсова О. А., Васюкевич В. С., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивный потенциал сортов овса селекции Омского аграрного научного центра // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2019. № 1 (50). С. 42–51.
8. 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.
9. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н. Оптимизация параметров качества зерна для селекции озимой ржи // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. № 23 (3). С. 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496.
10. Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. № 62 (1). С. 11–18. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18.
11. Сюков В. В., Захаров В. Г., Менибаев А. И., Экологическая селекция растений: типы и практика // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017. № 21 (5). С. 534–536.
12. Шамсутдинов З. Ш., Косолапов В. М., Шамсутдинова Э. З., Благоразумова Н. З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агросистем // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 2. С. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.
13. Васильев А. А., Гасымов Ф. М. Экологическая пластичность сортов сливы в условиях Челябинской области // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019. Т. 180. № 2. С. 25–29. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29.
14. Козубовская Г. В., Балакшина В. И. Урожайность многорядного ярового ячменя разновидностей *pallidum* в сухостепной зоне // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018. Т. 179. № 4. С. 67–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-67-73.
15. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. Т. 23. № 6. С. 150–156.
16. Кобылянский В. Д., Сафонова И. В., Солодухина О. В., Аниськов Н. И. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ржи. Санкт-Петербург: ВИР, 2015. 44 с.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований): учебник. Москва: Альянс, 2014. 351 с.
18. Сапега В. А. Генотип-средовое взаимодействие, урожайность и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 3. С. 10–15. DOI: 10.31857/S2500-26272019310-15.
19. Быков А. В. Морфо-биологические особенности и агроклиматический потенциал урожайности сортов BETA VULGARIS L., VAR CONDITIVA ALEF в Западной Сибири // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 7. Ч. 2. С. 59–62. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.020.

Об авторах:

Ирина Владимировна Сафонова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608; isafonova@vir.nw.ru

Николай Иванович Аниськов¹, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589; n.aniskov@vir.nw.ru

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

The importance of a comprehensive assessment of breeding indices and stress resistance parameters of winter rye varieties

I. V. Safonova^{1✉}, N. I. Aniskov¹

¹Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, Saint Petersburg, Russia

✉E-mail: isafonova@vir.nw.ru

Abstract. Among grain crops, winter rye is one of the most popular crops, well adapted to the conditions of the North-West. Currently, most breeders use various selection indices in conjunction with the definition of stress resistance. **The purpose** is to study the collection samples of winter rye by yield and elements of the productivity structure and to identify the most adaptive for breeding in the conditions of the North-Western region. **Methods.** The experimental part was carried out at the VIR pilot site during 2018–2021 located in the North-Western region. The following were determined: Mexican index (Mx), Canadian index (Ki), linear ear density index (LPC), plant productivity index (IPR), Finnish-Scandinavian index (FSj), prospects index (J.P.), index of the ratio of the mass of 1000 grains to the number of grains in the ear (j). The calculation of stress resistance parameters was carried out using the following indicators: stress resistance ($Y_{\min} - Y_{\max}$), genetic flexibility $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$, stability of the variety ($Y_{\min}/Y_{\max}$), stress resistance coefficient (K_{st}) was determined by A. A. Bykov. **Results.** The best conditions for the formation of yields were in 2020 and 2021 ($I_j = +2.03; +1.8$). In 2018 and 2019 – unfavorable ($I_j = -1.3; -2.5$). The maximum yield was obtained in 2020 in diploid rye varieties: Ofeliya (10.3 t/ha) and Yasel'da (9.0 t/ha), in tetraploid varieties Sibir' 4. The results of these studies showed that the greatest advantage have variety: Sibir' (Σ rank = 41), Evrika (Σ rank = 55), Il'men' (Σ rank = 55), Ofeliya (Σ rank = 56), Sibir' 4 (Σ rank = 58), Verosim (Σ rank = 59). **Scientific novelty** lies in the study of 12 varieties – seven diploids and five tetraploid winter rye. Thanks to the evaluation of varieties, they are divided according to the reaction of varieties to the environmental condition, stress-resistant and non-resistant.

Keywords: winter rye, variety type, yield, breeding indices, stress resistance, rank, adaptability.

For citation: Safonova I. V., Aniskov N. I. Znachimost' kompleksnoy otsenki selektsionnykh indeksov i parametrov stressoustoychivosti sortov ozimoy rzhii [The significance of a comprehensive assessment of breeding indices and parameters of stress resistance of winter rye varieties] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 16–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26. (In Russian.)

Date of paper submission: 05.04.2022, **date of review:** 15.04.2022, **date of acceptance:** 27.04.2022.

References

1. Goncharenko A. A., Makarov L. V., Ermakov S. A., Semenova T. V. et al. Ekologicheskaya ustoychivost' sortov ozimoy rzhii s razlichnym tipom korotkostebel'nosti [Ecological stability of winter rye varieties with different types of short] // Russian Agricultural Science. 2019. No. 3. Pp. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9. (In Russian.)
2. Čeh B., Štraus S., Hladnik A., Kušar A. Impact of Linseed Variety, Location and Production Year on Seed Yield, Oil Content and Composition [e-resource] // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 11. Article number 1770. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1770> (date of reference: 31.03.2022). DOI: 10.3390/agronomy10111770.
3. Manukyan I. R., Basieva M. A. Ispol'zovanie selektsionnykh indeksov dlya otsenki adaptivnogo potentsiala kollektcionnykh obraztsov ozimoy tritikale k usloviyam predgornoy zony Tsentral'nogo Kavkaza [The use of selection indices to assess the adaptive potential of collection samples with winter triticale to the conditions of the foothill zone of the Central Caucasus] // Mountain Agriculture. 2018. No. 2. Pp. 33–37. (In Russian.)
4. Dragavtsev V. A. Ekologo-geneticheskaya organizatsiya kolichestvennykh priznakov rasteniy i teoriya selektsionnykh indeksov [Ecological and genetic organization of quantitative signs of plants and theory of selection indices] // Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy: sbornik dokladov na Shkole molodykh uchenykh po ekologicheskoy genetike. Krasnodar, 2021. Pp. 31–50. (In Russian.)
5. Kiryluk A., Kostecka J. Pro-Environmental and Health-Promoting Grounds for Restitution of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivation // Journal of Ecological Engineering. 2020. Vol. 21. No. 7. Pp. 99–107.
6. Plisko L. G., Pakul' K. N. Otsenka selektsionnykh liniy yarovoy myagkoy pshenitsy [Evaluation of selection lines of spring soft wheat] // International Research Journal. 2017. No. 12 (66). Part 3. Pp. 127–130. (In Russian.)

7. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Vasyukevich V. S., Anis'kov N. I., Safonova I. V. Adaptivnyy potentsial sortov ovsa seleksii Omskogo agrarnogo nauchnogo tsentra [Adaptive potential of oat varieties bred by the Omsk Agrarian Research Center] // Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University. 2019. No. 1 (50). Pp. 42–51. (In Russian.)
8. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu. Reaktsiya yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhu v lesostepi Zaural'ya [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.)
9. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Optimizatsiya parametrov kachestva zerna dlya seleksii ozimoy rzhi [Optimization of grain quality parameters for winter rye selection] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 3. Pp. 320–327. DOI: 10.18699 / VJ19.496. (In Russian.)
10. Utkina E. I., Kedrova L. I. Zimostoykost' ozimoy rzhi: problemy i resheniya [Winter hardiness winter rye: problems and solutions] // Agricultural Science Euro-North-East. 2018. Vol. 62 No. 1. Pp. 11–18. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18. (In Russian.)
11. Syukov V. V., Zakharov V. G., Menibaev A. I., Ekologicheskaya selektsiya rasteniy: tipy i praktika [Environmental selection of plants: types and practice] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. Vol. 21. No. 5. Pp. 534–536. DOI: 10.18699/VJ17.270. (In Russian.)
12. Shamsutdinov Z. Sh., Kosolapov V. M., Shamsutdinova E. Z., Blagorazumova N. Z. O kontseptsii ekologicheskoy nishi i ee roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agrosistem [On the concept of ecological niche and its role in the practice of designing adaptive arid pasture agro-systems] // Agricultural Biology. 2018. Vol. 53. No. 2. Pp. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus. (In Russian.)
13. Vasil'ev A. A., Gasyimov F. M. Ekologicheskaya plastichnost' sortov slivy v usloviyakh Chelyabinskoy oblasti [Ecological plasticity of plum varieties in the conditions of the Chelyabinsk region] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. Vol. 180. No. 2. Pp. 25–29. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29. (In Russian.)
14. Kozubovskaya G. V., Balakshina V. I. Urozhaynost' mnogoryadnogo yarovogo yachmenya raznovidnostey pallidum v sukhostepnoy zone [The yield of multi-rowed barley (var. pallidum) in the arid steppe zone] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2018. Vol. 179. No. 4. Pp. 67–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-67-73. (In Russian.)
15. Safonova I. V., Anis'kov N. I., Kobylanskiy V. D. Baza dannykh geneticheskikh resursov kollektsii ozimoy rzhi VIR kak sredstvo klassifikatsii geneticheskogo raznoobraziya, analiza istorii kollektsii i effektivnogo izucheniya i sokhraneniya [Database of genetic resources of the VIR winter rye collection as a means of classifying genetic diversity, analyzing the history of the collection and effective study and conservation] // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 6. Pp. 150–156. DOI: 10.18699/VJ 19.552. (In Russian.)
16. Kobylanskiy V. D., Safonova I. V., Solodukhina O. V., Anis'kov N. I. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoy kollektsii rzhi [Methodical instructions for the study and preservation of the global rye collection]. Saint Petersburg: VIR, 2015. 44 p. (In Russian.)
17. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki issledovaniy): uchebnik [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of studies): textbook]. Moscow: Al'yans, 2014. 351 p. (In Russian.)
18. Sapega V. A. Genotip-sredovoe vzaimodeystvie, urozhaynost' i adaptivnyy potentsial sortov yarovoy pshenitsy [Genotype-medium interaction, yield and adaptive potential of varieties of spring wheat] // Russian agricultural science. 2019. No. 3. Pp. 10–15. DOI: 10.31857 / S2500-26272019310-15. (In Russian.)
19. Bykov A. V. Morfo-biologicheskie osobennosti i agroklimaticheskiy potentsial urozhaynosti sortov VETA VULGARIS L., VAR CONDITIVA ALEF v Zapadnoy Sibiri [Morpho-biological features and agroclimatic potential of varieties of vet Vulgaris L., Var Conditiva Alef. In Western Siberia] // International Research Journal. 2017. No. 7. Ch. 2. Pp. 59–62. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.020.

Authors' information:

Irina V. Safonova¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608; isafonova@vir.nw.ru

Nikolay I. Aniskov¹, doctor of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589; n.aniskov@vir.nw.ru

¹ Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, Saint Petersburg, Russia

Влияние факторов среды на вегетативное размножение лилий

А. Р. Биглова¹, И. Н. Аллаярова¹, А. А. Реут¹✉, О. В. Ласточкина²

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

² Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

Аннотация. Для изучения влияния спектрального состава света на процессы жизнедеятельности растений наиболее удачным источником освещения являются светоизлучающие диоды, которые позволяют получать световые волны определенной длины. В настоящее время большие перспективы связаны с разработкой микробных биопрепаратов на основе эндофитных штаммов бактерий рода *Bacillus*, которые населяют внутренние ткани без вреда для хозяина. В статье приводятся результаты исследований влияния красного, синего, красного + синего и белого спектров света в комбинации с эндофитными штаммами бактерий *B. subtilis* 10-4 на вегетативное размножение *Lilium × hybrida* Trendy Savannah в условиях закрытого помещения без доступа солнечного света. **Цель работы** – выявление оптимальных условий для получения качественного посадочного материала лилий. **Методы.** Свет обеспечивали светодиодные модули. Луковички лилий для опытных вариантов перед посадкой замачивали в растворе *B. subtilis* 10-4. **Научная новизна.** Впервые выявлена специфичность в формировании вегетативных и генеративных органов культивара, а также в цикле сезонного развития в зависимости от вариантов освещения. **Результаты.** Показано, что для получения бульбочек в качестве материала для вегетативного размножения *Lilium × hybrida* Trendy Savannah в условиях закрытого помещения наиболее перспективно использовать красный световой спектр без обработки луковичек бактериями; для получения деток-луковичек – синий диапазон в комбинации со штаммами бактерий. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показали, что наибольшая сила влияния фактора «световой режим» выявлена для высоты бульбочек и их числа, а фактора «обработка луковичек *B. subtilis* 10-4» – для диаметра бульбочек и длины листочков бульбочек. Достоверный максимум суммарного вклада обоих факторов (А × В) отмечен для ширины листочков бульбочек и числа деток-луковичек. **Ключевые слова:** *Lilium × hybrida* Trendy Savannah, вегетативное размножение, светодиодные лампы, спектр излучения, бульбочки, детки-луковички.

Для цитирования: Биглова А. Р., Аллаярова И. Н., Реут А. А., Ласточкина О. В. Влияние факторов среды на вегетативное размножение лилий // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 27–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-27-36.

Дата поступления статьи: 07.04.2022, **дата рецензирования:** 20.04.2022, **дата принятия:** 29.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Лилии относятся к числу высокодекоративных многолетников, популярность которых непрерывно увеличивается в связи с разработкой и освоением методов получения цветущих растений в зимние месяцы [1, с. 111]. Вегетативный способ размножения является традиционным для луковичных культур, при котором сохраняются сортовые качества материнского растения.

Существуют виды и сорта лилий, у которых в пазухах листьев или в зоне соцветия при нарушении развития цветков образуются бульбочки – ор-

ганы вегетативного размножения. Их величина и количество зависят от сортовых особенностей и агроклиматических условий. Кроме того, у многих стеблекорневых лилий на подземной части стебля либо на донце взрослой луковички образуются подземные стеблевые детки-луковички [2, с. 51].

Для эффективного вегетативного размножения сортов лилий необходимо применение научно обоснованных и экономически выгодных приемов интенсификации технологии возделывания культур. Низкий естественный уровень освещения в теплицах и короткий зимний день не удовлетворя-

ют необходимой потребности растений в световой энергии [3, с. 45]. Для изучения влияния спектрального состава света на процессы жизнедеятельности растений наиболее удачным источником освещения являются светоизлучающие диоды, которые позволяют получать световые волны определенной длины волны [4, с. 34].

Проведенный анализ имеющихся в литературе данных по светокультуре растений с применением светодиодов показал, что научные исследования декоративных растений в данном направлении немногочисленны, а по лилиям в условиях закрытого грунта совсем отсутствуют.

Использование монохромного освещения при выгонке луковичных растений может иметь как положительное, так и негативное влияние на декоративность [5, с. 542]. Наблюдаемые различными авторами противоречивые результаты по воздействию тех или иных участков спектра на морфологические реакции различных растений в культуре ткани могут быть объяснены в первую очередь физиологическими особенностями культиваров [6, с. 124]. Таким образом, результаты, полученные в данном направлении, имеют в настоящее время разрозненный и несистематизированный характер и требуют уточнения, многие эффекты являются неизученными, а предмет исследования в целом требует более углубленного изучения.

Нередко для улучшения роста, защиты от патогенов и декоративности луковичных растений используют минеральные и органические удобрения, стимуляторы роста, биологически активные вещества и др. [7, с. 20]. Один из способов улучшения декоративности – создание полезных микробно-растительных взаимодействий в ризосфере на основе применения микробных препаратов [8, с. 31; 9, с. 15].

Известно, что экологически безопасным приемом повышения продуктивности и устойчивости является обработка интродуцентов микроорганизмами, способными контролировать развитие фитопатогенов и стимулировать рост растений [10, с. 58]. В настоящее время большие перспективы связаны с разработкой микробных биопрепаратов на основе эндофитных штаммов бактерий *Bacillus subtilis*, которые способны колонизировать в ткани растений-хозяев и изнутри влиять на их метаболизм в ходе всего вегетационного периода, сохраняя защитный потенциал на последующие годы [11, с. 581; 12, с. 399].

Для эффективного вегетативного размножения декоративных сортов лилий подбор оптимальных источников освещения в комбинации с полезными стимулирующими рост бактериями особенно актуален на данный момент.

Цель исследования – выявление оптимальных условий для интенсификации размножения

Lilium × hybrida Trendy Savannah при использовании светодиодных ламп в комбинации с эндофитными штаммами бактерий *B. subtilis* 10-4.

Методология и методы исследования (Methods)

Объект исследований – *Lilium × hybrida* Trendy Savannah – декоративное многолетнее луковичное растение семейства *Liliaceae* Juss., азиатский гибрид. Цветок чашевидной формы, ярко-розовый с эффектом свечения, центр черно-пурпурный. Высота взрослого растения – до 45 см. Сорт неприхотлив, устойчив к грибным заболеваниям, зимостоек [2, с. 52]. Растения в виде луковиц были приобретены в специализированной торговой точке.

Исследования по выращиванию лилий под светодиодными излучателями проводились в закрытом помещении без доступа солнечного света. Опытные культуры произрастали в четырех боксах для выращивания растений (1,5 × 1,5 м), оснащенных светодиодными лампами (LED-equipped growth boxes). В качестве контрольного варианта использовали естественное комнатное освещение. Каждый бокс имел разные световые режимы:

- синий (B) (460 нм);
- белый (W) (35 % синий (400–500 нм), 49 % средний (500–600 нм), 16 % красный (600–700 нм));
- красный (R) (660 нм);
- красный + синий (R + B) (70 % красный (600–700 нм) + 30 % синий (460 нм)).

Свет обеспечивали светодиодные (LED) модули (24-W, Iran Grow Light Co., Iran). Мониторинг спектров проводили с помощью люксметра Sekonic (Sekonic C-7000, Tokyo, Japan). Во всех боксах плотность потока фотосинтетических фотонов (PPFD, photon flux density) (интенсивность света) составляла $250 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Все растения подвергались одинаковым контролируемым условиям, т. е. 16-часовой фотопериод, температура воздуха $22 \pm 3^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха $50 \pm 5\%$.

Луковицы лилий для опытных вариантов перед посадкой замачивали в течение 30 минут в растворе *B. subtilis* 10-4 (105 KOE/ml). Обработанные (Bs) и необработанные (C) луковицы сажали в горшки с торфогрунтом и ставили в камеры роста с белым (W), синим (B), красным (R), красным + синим (R + B) спектрами света и при естественном освещении (Day L). Варианты опытов представлены в таблице 1.

У генеративных особей каждые 7 дней измеряли морфологические показатели роста растений при помощи цифрового штангенциркуля ШЦЦ-I-150-0,01 «Эталон». Математическая обработка данных проводилась по методике Б. А. Доспехова [13, с. 16] с использованием методов дисперсионного анализа с применением программ Excel, Statistica 10 Agros 2.13. Уровень индивидуальной изменчивости определен по эмпирической шкале С. А. Мамаева [14, с. 5].

Таблица 1

Варианты опытов и их расшифровка

Варианты опыта	Расшифровка варианта
C-R	Необработанные луковицы (контроль) в красном спектре
Bs-R	Обработанные луковицы в красном спектре
C-B	Необработанные луковицы (контроль) в синем спектре
Bs-B	Обработанные луковицы в синем спектре
C-W	Необработанные луковицы (контроль) в белом спектре
Bs-W	Обработанные луковицы в белом спектре
C-R+B	Необработанные луковицы (контроль) в варианте красный + синий спектры
Bs-R+B	Обработанные луковицы в варианте красный + синий спектры
C-Day L	Необработанные луковицы (контроль) под лампами дневного света
Bs-Day L	Обработанные луковицы под лампами дневного света

Table 1

Variants of experiments and their decoding

Experience options	Variant decoding
C-R	Untreated bulbs (control) in the red spectrum
Bs-R	Processed bulbs in the red spectrum
C-B	Untreated bulbs (control) in the blue spectrum
Bs-B	Processed bulbs in the blue spectrum
C-W	Untreated bulbs (control) in white spectrum
Bs-W	Processed bulbs in the white spectrum
C-R+B	Untreated bulbs (control) in the red + blue spectrums
Bs-R+B	Processed bulbs in red + blue spectrums
C-Day L	Untreated bulbs (control) under fluorescent lights
Bs-Day L	Processed bulbs under fluorescent lamps

Результаты (Results)

По результатам исследований выявлено, что самое раннее появление бульбочек наблюдали в вариантах C-R, Bs-R и Bs-B (24.05 ± 2 дня), самое позднее – в C-B и Bs-Day L (30.07 ± 2 дня). В вариантах C-Day L и C-R+B бульбочки не образовались (таблица 2).

Наибольшее количество бульбочек сформировалось в варианте C-R (13 шт.), наименьшее – в Bs-W (0,3 шт.). Высота бульбочек варьировала от 0,3 см (Bs-R+B) до 1,3 (C-R); диаметр – от 0,3 см (Bs-R+B) до 1,0 (C-R). Максимальную длину листочков бульбочек наблюдали в варианте C-R (13,9 см), минимальную – в Bs-W (6,2 см); максимальную ширину – в Bs-R и C-W (0,7 см), минимальную – в Bs-Day L (0,2 см).

Таким образом, наилучшие морфометрические показатели бульбочек наблюдали в варианте C-R. Полученные результаты подтверждаются данными других авторов относительно более активного влияния красного спектра на рост и развитие растений [15, с. 1017]. Бактерии положительно повлияли на изменение следующих биометрических показателей: ширина листочков бульбочек в вариантах Bs-B и Bs-R; количество бульбочек и длина их листочков (Bs-B). Кроме того, они ускорили появление бульбочек (Bs-B) и способствовали их образованию

в вариантах Bs-R+B и Bs-Day L. Эти данные согласуются с результатами, полученными другими авторами, где наблюдался положительный эффект досвечивания светодиодными лампами в сочетании с предпосевной обработкой луковиц *B. subtilis* 26Д [16, с. 76].

Самое раннее появление подземных стеблевых деток-луковичек наблюдали в вариантах Bs-R+B и Bs-B (04.06 ± 1 день), самое позднее – в C-B, C-W, C-Day L и Bs-Day L (30.07 ± 2 дня). Полученные результаты согласуются с имеющимися в литературе данными о более раннем развитии декоративных культур под воздействием синего и красного световых спектров [16, с. 77; 17, с. 173].

Наибольшее количество деток-луковичек сформировалось в варианте Bs-B (2,7 шт.), наименьшее – в C-B (0,3 шт.). Максимальную длину листочков деток-луковичек наблюдали в варианте Bs-B (19,4 см), минимальную – в Bs-W (7,1 см). Наиболее широкие листочки отмечали в вариантах Bs-R+B (1,8 см), наименее – в C-W и C-Day L (по 1,1 см) (таблица 3).

Таким образом, бактерии положительно повлияли на количество деток-луковичек (Bs-B), на длину (Bs-R+B, Bs-B и Bs-Day L) и ширину (Bs-R+B, Bs-W и Bs-Day L) их листочков, а также ускорили появление деток-луковичек (Bs-R+B, Bs-B и Bs-W).

Таблица 2

Биометрические показатели бульбочек лилий

Варианты опыта	Количество, шт.	C _в , %	Высота, см	C _в , %	Диаметр, см	C _в , %	Листочки			
							Длина, см	C _в , %	Ширина, см	C _в , %
C-R	13,0 ± 2,1	27,7	1,3 ± 0,1*	8,7	1,0 ± 0,2	34,6	13,9 ± 0,9*	11,2	0,6 ± 0,0	9,1
Bs-R	11,3 ± 2,4	36,7	0,9 ± 0,1*	15,8	0,5 ± 0,0	9,1	9,4 ± 0,9*	17,0	0,7 ± 0,1	14,3
C-R+B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bs-R+B	1,3 ± 0,3	43,3	0,3 ± 0,1	34,6	0,3 ± 0,1	40,8	7,5 ± 0,8	18,0	0,3 ± 0,0*	10,2
C-B	0,7 ± 0,2	43,0	0,8 ± 0,1	12,5	0,6 ± 0,1	16,7	8,0 ± 0,6	12,5	0,3 ± 0,0*	16,7
Bs-B	1,0 ± 0,2	43,0	0,7 ± 0,1	14,3	0,5 ± 0,1	21,5	8,4 ± 2,0	41,0	0,6 ± 0,1*	29,5
C-W	2,0 ± 0,2*	20,0	0,8 ± 0,1	12,5	0,6 ± 0,1*	16,7	12,2 ± 0,6*	9,2	0,7 ± 0,0*	10,3
Bs-W	0,3 ± 0,0*	17,3	0,6 ± 0,1	16,7	0,4 ± 0,0*	12,5	6,2 ± 0,3*	9,7	0,5 ± 0,0*	11,5
C-Day L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bs-Day L	1,0 ± 0,1	20,0	0,4 ± 0,0*	13,3	0,4 ± 0,0*	6,9	10,6 ± 0,3*	5,7	0,2 ± 0,0	20,0

* Значения достоверны при p = 0,95.

Table 2

Biometric indicators of bulbous Lilium

Options experiments	Quantity, pcs.	C _в , %	Height, cm	C _в , %	Diameter, cm	C _в , %	Leaflets			
							Length, cm	C _в , %	Width, cm	C _в , %
C-R	13.0 ± 2.1	27.7	1.3 ± 0.1*	8.7	1.0 ± 0.2	34.6	13.9 ± 0.9*	11.2	0.6 ± 0.0	9.1
Bs-R	11.3 ± 2.4	36.7	0.9 ± 0.1*	15.8	0.5 ± 0.0	9.1	9.4 ± 0.9*	17.0	0.7 ± 0.1	14.3
C-R+B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bs-R+B	1.3 ± 0.3	43.3	0.3 ± 0.1	34.6	0.3 ± 0.1	40.8	7.5 ± 0.8	18.0	0.3 ± 0.0*	10.2
C-B	0.7 ± 0.2	43.0	0.8 ± 0.1	12.5	0.6 ± 0.1	16.7	8.0 ± 0.6	12.5	0.3 ± 0.0*	16.7
Bs-B	1.0 ± 0.2	43.0	0.7 ± 0.1	14.3	0.5 ± 0.1	21.5	8.4 ± 2.0	41.0	0.6 ± 0.1*	29.5
C-W	2.0 ± 0.2*	20.0	0.8 ± 0.1	12.5	0.6 ± 0.1*	16.7	12.2 ± 0.6*	9.2	0.7 ± 0.0*	10.3
Bs-W	0.3 ± 0.0*	17.3	0.6 ± 0.1	16.7	0.4 ± 0.0*	12.5	6.2 ± 0.3*	9.7	0.5 ± 0.0*	11.5
C-Day L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bs-Day L	1.0 ± 0.1	20.0	0.4 ± 0.0*	13.3	0.4 ± 0.0*	6.9	10.6 ± 0.3*	5.7	0.2 ± 0.0	20.0

* Values are significant at p = 0.95.

Таблица 3

Биометрические показатели деток-луковичек лилий

Варианты опытов	Количество, шт.	C _в , %	Листочки			
			Длина, см	C _в , %	Ширина, см	C _в , %
C-R	1,7 ± 0,3	34,6	14,7 ± 3,4	40,6	1,3 ± 0,4	61,1
Bs-R	1,7 ± 0,3	34,6	12,7 ± 2,9	40,4	1,2 ± 0,2	28,5
C-R+B	1,3 ± 0,3	43,3	11,2 ± 0,7*	10,7	1,4 ± 0,0*	3,4
Bs-R+B	1,3 ± 0,3	43,3	17,5 ± 1,6*	15,5	1,8 ± 0,1*	10,4
C-B	0,3 ± 0,0*	17,3	16,1 ± 2,6	27,9	1,7 ± 0,2	23,3
Bs-B	2,7 ± 0,3*	21,7	19,4 ± 1,4	12,4	1,4 ± 0,3	29,7
C-W	1,7 ± 0,3	34,6	15,2 ± 1,3*	15,4	1,1 ± 0,3	45,8
Bs-W	1,0 ± 0,0	0,0	7,1 ± 0,7*	17,5	1,4 ± 0,0	5,5
C-Day L	1,7 ± 0,3	34,6	14,9 ± 1,7	20,2	1,1 ± 0,2	28,6
Bs-Day L	1,3 ± 0,3	43,3	17,7 ± 1,0	9,9	1,4 ± 0,1	18,9

* Значения достоверны при p = 0,95.

Table 3

Biometric indicators of Lilium bulb babies

Experiment options	Quantity, pcs.	C _в , %	Leaflets			
			Length, cm	C _в , %	Width, cm	C _в , %
C-R	1.7 ± 0.3	34.6	14.7 ± 3.4	40.6	1.3 ± 0.4	61.1
Bs-R	1.7 ± 0.3	34.6	12.7 ± 2.9	40.4	1.2 ± 0.2	28.5
C-R+B	1.3 ± 0.3	43.3	11.2 ± 0.7*	10.7	1.4 ± 0.0*	3.4
Bs-R+B	1.3 ± 0.3	43.3	17.5 ± 1.6*	15.5	1.8 ± 0.1*	10.4
C-B	0.3 ± 0.0*	17.3	16.1 ± 2.6	27.9	1.7 ± 0.2	23.3
Bs-B	2.7 ± 0.3*	21.7	19.4 ± 1.4	12.4	1.4 ± 0.3	29.7
C-W	1.7 ± 0.3	34.6	15.2 ± 1.3*	15.4	1.1 ± 0.3	45.8
Bs-W	1.0 ± 0.0	0.0	7.1 ± 0.7*	17.5	1.4 ± 0.0	5.5
C-Day L	1.7 ± 0.3	34.6	14.9 ± 1.7	20.2	1.1 ± 0.2	28.6
Bs-Day L	1.3 ± 0.3	43.3	17.7 ± 1.0	9.9	1.4 ± 0.1	18.9

* Values are significant at p = 0.95.

Уровень индивидуальной изменчивости биометрических показателей значительно различается в зависимости от светового спектра. Очень высоким уровнем изменчивости характеризуются такие параметры, как число и диаметр бульбочек в варианте Bs-R+B; длина листочков и число бульбочек в Bs-B; число бульбочек в K-B; число деток-луковичек в K-R+B, Bs-R+B и Bs-Day L; длина листочков деток-луковичек в K-R и Bs-R; ширина листочков деток-луковичек в K-R и K-W ($C_v = 40,4 \dots 61,1 \%$).

Высокая изменчивость отмечена для диаметра бульбочек в варианте K-R; числа бульбочек в Bs-R; высоты бульбочек в Bs-R+B; числа деток-луковичек в K-R, Bs-R, K-W и K-Day L ($C_v = 31,2 \dots 40,8 \%$).

Повышенный уровень изменчивости выявлен для показателей ширины листочков бульбочек, диаметра бульбочек и числа деток-луковичек в варианте Bs-B; числа бульбочек в K-R; длины листочков деток-луковичек в K-B; ширины листочков деток-луковичек в Bs-R, K-B, Bs-B и K-Day L ($C_v = 21,1 \dots 30,6 \%$).

Средний уровень изменчивости установлен для ширины листочков деток-луковичек в варианте Bs-Day L; числа деток-луковичек в K-B; числа бульбочек в K-W, Bs-W и Bs-Day L; высоты бульбочек в Bs-R, Bs-B, Bs-W и Bs-Day L; диаметра бульбочек в K-B и K-W; длины листочков бульбочек в Bs-R и

Bs-R+B; ширины листочков бульбочек в Bs-R, K-B и Bs-Day L; длины листочков деток-луковичек в Bs-R+B, K-W, Bs-W и K-Day L ($C_v = 13,1 \dots 20,9 \%$).

Низкий уровень изменчивости выявлен для высоты бульбочек в вариантах K-R, K-B и K-W; диаметра бульбочек в Bs-R и Bs-W; длины листочков бульбочек в K-R, K-B, K-W и Bs-W; ширины листочков бульбочек в K-R, Bs-R+B; K-W и Bs-W; длины листочков деток-луковичек в K-R+B, Bs-B и Bs-Day L ($C_v = 8,1 \dots 12,9 \%$).

Очень низким уровнем изменчивости характеризуются длина и ширина листочков бульбочек в варианте Bs-Day L; число деток-луковичек в Bs-W; ширина листочков деток-луковичек в K-R+B и Bs-W ($C_v = 0 \dots 5,5 \%$).

Оценка изменчивости морфометрических параметров проведена методом двухфакторного дисперсионного анализа. В качестве первого фактора (A) использовали обработку *B. subtilis* 10-4, в качестве второго фактора (B) – разные световые режимы. Дисперсионный анализ показал, что влияние фактора A значимо для высоты и диаметра бульбочек; длины листочков бульбочек. Доля дисперсии признаков варьирует от 19,2 до 31,6 % (таблица 4). Влияние фактора A на ширину листочков бульбочек, число деток-луковичек и на длину листочков деток-луковичек не является статистически значимым.

Таблица 4

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа морфометрических показателей лилий

Показатель	Источник варьирования	Ss	Df	ms	F _{факт}	Доля, %
Число бульбочек	Общее	569,1	17	—	—	—
	Bs (A)	4,5	1	4,5	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	0,8
	Спектр (B)	499,1	2	249,5	43,8	87,7*
	Взаимодействие (A×B)	3,9	2	1,9	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	0,7
Высота бульбочек	Общее	1,2	17	—	—	—
	Bs (A)	0,2	1	0,2	18,0	19,2*
	Спектр (B)	0,7	2	0,4	29,6	62,9*
	Взаимодействие (A×B)	0,1	2	0,03	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	4,7
Диаметр бульбочек	Общее	0,9	17	—	—	—
	Bs (A)	0,3	1	0,3	12,9	30,6*
	Спектр (B)	0,3	2	0,1	5,8	27,5*
	Взаимодействие (A×B)	0,1	2	0,0	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	9,4
Длина листочков бульбочек	Общее	162,3	17	—	—	—
	Bs (A)	51,3	1	51,3	17,1	31,6*
	Спектр (B)	37,3	2	18,7	6,2	22,9*
	Взаимодействие (A×B)	34,5	2	17,2	5,8	21,3*
Ширина листочков бульбочек	Общее	0,5	17	—	—	—
	Bs (A)	0,0	1	0,0	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	2,2
	Спектр (B)	0,1	2	0,1	9,0	30,9*
	Взаимодействие (A×B)	0,2	2	0,1	12,6	43,3*
Длина листочков деток-луковичек	Общее	576,7	29	—	—	—
	Bs (A)	1,6	1	1,6	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	0,3
	Спектр (B)	154,6	4	38,6	6,0	26,8*
	Взаимодействие (A×B)	188,1	4	47,0	7,4	32,6*
Число деток-луковичек	Общее	14,8	29	—	—	—
	Bs (A)	0,5	1	0,5	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	3,6
	Спектр (B)	0,5	4	0,1	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	3,1
	Взаимодействие (A×B)	8,5	4	2,1	9,2	57,2*

Примечание. * Влияние фактора достоверно при уровне значимости $P \leq 0,05$.

Table 4
The results of a two-way ANOVA analysis of the morphometric parameters of *Lilium*

Indicator	Source of variation	Ss	Df	ms	F_{fact}	Share, %
Number of bulbs	General	569.1	17	—	—	—
	Bs (A)	4.5	1	4.5	$F_{\text{fact}} < F_{0.5}$	0.8
	Spectrum (B)	499.1	2	249.5	43.8	87.7*
	Interaction (A×B)	3.9	2	1.9	$F_{\text{fact}} < F_{0.5}$	0.7
Height of bulb	General	1.2	17	—	—	—
	Bs (A)	0.2	1	0.2	18.0	19.2*
	Spectrum (B)	0.7	2	0.4	29.6	62.9*
	Interaction (A×B)	0.1	2	0.03	$F_{\text{fact}} < F_{0.5}$	4.7
Diameter of bulb	General	0.9	17	—	—	—
	Bs (A)	0.3	1	0.3	12.9	30.6*
	Spectrum (B)	0.3	2	0.1	5.8	27.5*
	Interaction (A×B)	0.1	2	0.0	$F_{\text{fact}} < F_{0.5}$	9.4
Length of bulb leaf	General	162.3	17	—	—	—
	Bs (A)	51.3	1	51.3	17.1	31.6*
	Spectrum (B)	37.3	2	18.7	6.2	22.9*
	Interaction (A×B)	34.5	2	17.2	5.8	21.3*
Width of bulb leaf	General	0.5	17	—	—	—
	Bs (A)	0.0	1	0.0	$F_{\text{fact}} < F_{0.5}$	2.2
	Spectrum (B)	0.1	2	0.1	9.0	30.9*
	Interaction (A×B)	0.2	2	0.1	12.6	43.3*
The length of the leaves of onion babies	General	576.7	29	—	—	—
	Bs (A)	1.6	1	1.6	$F_{\text{fact}} < F_{0.5}$	0.3
	Spectrum (B)	154.6	4	38.6	6.0	26.8*
	Interaction (A×B)	188.1	4	47.0	7.4	32.6*
Number of onion babies	General	14.8	29	—	—	—
	Bs (A)	0.5	1	0.5	$F_{\text{fact}} < F_{0.5}$	3.6
	Spectrum (B)	0.5	4	0.1	$F_{\text{fact}} < F_{0.5}$	3.1
	Interaction (A×B)	8.5	4	2.1	9.2	57.2*

Note. * The influence of the factor is significant at the significance level $P \leq 0.05$.

Влияние фактора В значимо для количества бульбочек, высоты и диаметра бульбочек, длины и ширины листочков бульбочек, длины листочков деток-луковичек. Доля дисперсии варьирует от 22,9 до 87,7 %. Влияние фактора В на число деток-луковичек не является статистически значимым.

Совместное воздействие факторов (A × B) значимо для длины и ширины листочков бульбочек, длины листочков деток-луковичек и количества деток-луковичек. Доля дисперсии варьирует от 21,3 до 57,2 %. Влияние факторов (A × B) на число бульбочек, высоту и диаметр бульбочек не является статистически значимым.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По результатам проведенных исследований выявлено, что использование светодиодных излучателей разного спектра света, а также обработка луковичек лилий эндофитными бактериями имеют прямое влияние на рост, развитие и физиологическое состояние растений.

Показано, что для получения бульбочек в качестве материала для вегетативного размножения *Lilium × hybrida* Trendy Savannah в условиях закрытого помещения наиболее перспективно использовать красный световой спектр без обработки

луковичек бактериями; для получения деток-луковичек – синий диапазон в комбинации со штаммами бактерий *B. subtilis* 10-4.

Выявлено, что уровень индивидуальной изменчивости биометрических показателей вегетативных органов у лилий значительно различается в зависимости от светового спектра. Из изученных количественных признаков очень низким уровнем изменчивости характеризуются длина и ширина листочков бульбочек в варианте Bs-Day L ($C_v = 5,7...6,9 \%$) и число деток-луковичек в Bs-W, а также ширина листочков деток-луковичек в C-R+B и Bs-W ($C_v = 0...5,5 \%$).

Результаты проведенного анализа влияния бактерий *B. subtilis* 10-4, световых спектров и их совместного воздействия на морфометрические параметры органов вегетативного размножения лилий показали, что для большинства рассматриваемых признаков значение вклада светового режима является определяющим.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния бактерий *B. subtilis* 10-4, разных световых спектров и их совместного воздействия на морфометрические параметры лилий показали, что для большинства рассматриваемых признаков значение вклада светового режима является опре-

деляющим. Максимальные показатели силы влияния данного фактора выявлены для высоты и числа бульбочек (доля дисперсии составляет 62,9 и 87,7 % соответственно); а фактора обработки луковиц *B. subtilis* 10-4 – для диаметра и длины листочков бульбочек (доля дисперсии ниже – 30,6 до 31,6 % соответственно). Суммарный вклад обоих факторов (A × B) достоверно влияет только на некоторые морфометрические параметры: максимум отмечен для ширины листочков бульбочек и числа деток-луковичек (доля дисперсии от 43,3 до 57,2 %).

Благодарности (Acknowledgements)

Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией фотосинтеза и световых реакций Те-

геранского университета (г. Тегеран, Иран) доктору биологических наук Сасану Алиниэфарду за предоставление оснащенного светодиодами оборудования для проведения исследований.

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № FMRS-2022-0072 и частично в рамках государственного задания ИБГ УФИЦ РАН по теме № AAAA-A21-121011990120-7.

Библиографический список

1. Данилина Н. Н., Семенова М. В., Енина О. Л. Новая технология сохранения коллекции и особенности агротехники тюльпанов без ежегодной выкопки по результатам многолетнего опыта // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 11 (77). С. 109–119. DOI: 10.23670/IRJ.2018.77.11.021.
2. Реут А. А., Биглова А. Р. Интродукция представителей рода *Lilium* L. на Южном Урале // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов: сборник статей VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 49–53.
3. Евлакова П. М., Бычков А. А., Заплетин В. Ю. Воздействие светодиодных и натриевых облучателей на рост и развитие растений, выращенных методом клонального микроразмножения (*in vitro*) // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2020. № 4. С. 43–49.
4. Гиниатуллин Р. Р. Предпосылки исследования светодиодного облучения луковичных цветов // Научный журнал. 2019. № 6 (40). С. 33–35.
5. Amiri A., Kafi M., Kalate-Jari S., Matiniazadeh M. Tulip response to different light sources // The Journal of Animal and Plant Sciences-JAPS. 2018. No. 28 (2). Pp. 539–545.
6. Кондратьева В. В., Воронкова Т. В., Олехнович Л. С., Бидюкова Г. Ф., Енина О. Л., Шелепова О. В. Устойчивость рассады декоративных растений к кратковременному холодовому стрессу при воздействии узкоспектрального света // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 54 (1). С. 121–129. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.121rus.
7. Клименко О. Е., Александрова Л. М., Клименко Н. И., Клименко Н. Н., Евтушенко А. П. Влияние микробных препаратов на биоморфологические показатели тюльпана (*Tulipa* L.) 'Anna Krasavitsa' и плодородие почвы в условиях степного Крыма // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2021. № 2 (159). С. 17–28. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-2-159-17-28.
8. Клименко Н. И., Плугатарь Ю. В., Клименко О. Е. Создание полезных растительно-микробных взаимодействий в ризосфере декоративных растений. Симферополь: Ариал, 2019. 108 с.
9. Чайковская Л. А., Ключенко В. В., Баранская М. И., Овсиенко О. Л. Фосфатмобилизующие бактерии в агроценозах Крыма. Симферополь: Ариал, 2018. 156 с.
10. Пась А. Н. Эффективность микробных препаратов при интродукции *Tulipa* × *hybrida* hort. в условиях предгорного Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 1 (21). С. 56–63. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-56-63.
11. Lastochkina O., Aliniaefard S., Seifikalhor M., Yuldashev R. L., Pusenkova L., Garipova S. Plant Growth-Promoting Bacteria: Biotic Strategy to Cope with Abiotic Stresses in Wheat // Wheat Production in Changing Environments. 2019. Pp. 579–614. DOI: 10.1007/2F978-981-13-6883-7_23.
12. Сорокань А. В., Бурханова Г. Ф., Максимов И. В. Эндифитные бактерии *Bacillus subtilis* 26д снижают пораженность растений картофеля фитофторозом, стимулируя транскрипционную активность жасмонат-зависимых генов // Биомикра. 2020. Т. 12. № 3. С. 398–403.
13. Куликова А. Х., Яшин Е. А., Яшин А. Е., Волкова Е. С. Влияние органической, органо-минеральной и минеральной систем удобрения на свойства почвы и урожайность озимой пшеницы в Среднем Поволжье // Агрохимия. 2022. № 2. С. 13–21. DOI: 10.31857/S0002188122020089.
14. Денисова С. Г., Реут А. А. Изучение влияния адаптогенов на водный режим некоторых сортов рода *Chrysanthemum* L. при интродукции в Башкирском Предуралье // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 2–13.
15. Маляровская В. И., Коломиец Т. М., Соколов Р. Н., Самарина Л. С. Влияние спектрального состава света на рост и развитие *Lilium caucasicum* в условиях культуры *in vitro* [Электронный ресурс] // Полите-

матический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 94. С. 1016–1026. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/12.pdf> (дата обращения: 15.03.2022).

16. Кондратьева В. В., Воронкова Т. В., Семенова М. В., Олехнович Л. С., Енина О. Л., Шелепова О. В. Влияние узкоспектрального света в сочетании с предпосадочной обработкой луковиц тюльпана «Фитоспорином» на качество при зимне-весенней выгонке тюльпанов // Вестник КрасГАУ. 2021. № 8 (173). С. 74–79.

17. Gautam P., Terfa M. T., Olsen J. E., Torre S. Red and blue light effects on morphology and flowering of *Petunia × hybrida* // Scientia Horticulturae. 2015. 184. Pp. 171–178. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.01.004.

Об авторах:

Айгуль Радиковна Биглова¹, инженер I категории, ORCID 0000-0002-5729-8261, AuthorID 961279; +7 987 146-81-86, ajgul.biglova@mail.ru

Ирина Нагимовна Аллаярова¹, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-4575-7301, AuthorID 908455; +7 937 317-86-78, AllayarovaIrina@yandex.ru

Антонина Анатольевна Реут¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, cvetok.79@mail.ru

Оксана Владимировна Ласточкина², кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-3398-1493, AuthorID 631751; тел.: +7 963 901-80-46, oksanaibg@gmail.com

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

² Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

Influence of environmental factors on vegetative reproduction of *Lilium*

A. R. Biglova¹, I. N. Allayarova¹, A. A. Reut¹✉, O.V. Lastochkina²

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

² Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

Abstract. To study the effect of the spectral composition of light on the processes of plant life, the most successful source of illumination is light-emitting diodes, which allow you to receive light waves of a certain length. Currently, great prospects are associated with the development of microbial biological products based on endophytic strains of bacteria of the genus *Bacillus*, which inhabit internal tissues without harm to the host. The article presents the results of studies of the influence of red, blue, red + blue and white light spectra in combination with endophytic strains of *B. subtilis* 10-4 bacteria on the vegetative reproduction of *Lilium × hybrida* 'Trendy Savannah' in a closed room without access to sunlight. **The purpose** of the work is to identify the optimal conditions for obtaining high-quality planting material for lilium. **Methods.** The light was provided by LED modules. The bulbs of *Lilium* for experimental variants were soaked in *B. subtilis* 10-4 before planting. **Scientific novelty.** For the first time, specificity was revealed in the formation of vegetative and generative organs of the cultivar, as well as in the cycle of seasonal development, depending on lighting options. **Results.** According to the results of the conducted studies, it was revealed that to obtain bulblets, as a material for vegetative reproduction of *Lilium × hybrida* 'Trendy Savannah' in a closed room, it is most promising to use the red light spectrum without treating bulbs with bacteria; to obtain baby onions – the blue range in combination with strains of *B. subtilis* 10-4 bacteria. The results of two-factor dispersion analysis showed that the greatest influence of the light mode factor was revealed for the height of bulblets and the number of bulblets and the processing factor of *B. subtilis* bulbs 10-4 – for the diameter of bulblets and the length of the leaves of bulblets. A significant maximum of the total contribution of both factors (A × B) was noted for the width of the leaves of bulblets and the number of baby onions.

Keywords: *Lilium × hybrida* 'Trendy Savannah'; vegetative breeding; LED emitters; emission spectrum; bulblets; baby onions.

For citation: Biglova A. R., Allayarova I. N., Reut A. A., Lastochkina O. V. Vliyaniye faktorov sredy na vegetativnoye razmnozheniye liliy [Influence of environmental factors on vegetative reproduction of *Lilium*] // Agrarian

Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 27–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26. (In Russian.)

Date of paper submission: 07.04.2022, **date of review:** 20.04.2022, **date of acceptance:** 29.04.2022.

References

1. Danilina N. N., Semenova M. V., Enina O. L. Novaya tekhnologiya sokhraneniya kolleksii i osobennosti agrotekhniki tyul'panov bez ezhegodnoy vykopki po rezul'tatam mnogoletnego opyta [New technology for preserving the collection and features of tulip farming without annual digging based on the results of many years of experience] // International Research Journal. 2018. No. 11 (77). Pp. 109–119. DOI: 10.23670/IRJ.2018.77.11.021. (In Russian.)
2. Reut A. A., Biglova A. R. Introduktsiya predstaviteley roda *Lilium* L. na Yuzhnom Urale [Introduction of representatives of the genus *Lilium* L. in the Southern Urals] // Izucheniye, sokhraneniye i vosstanovleniye estestvennykh landshaftov: sbornik statey VIII Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchno-prakticheskoy konferentsii. Volgograd, 2018. Pp. 49–53. (In Russian.)
3. Evlakova P. M., Bychkov A. A., Zapletin V. Yu. Vozdeystviye svetodiodnykh i natriyevykh obluchateley na rost i razvitiye rasteniy, vyrashchennykh metodom klonal'nogo mikrorazmnozheniya (*in vitro*) [Effect of LED and sodium irradiators on the growth and development of plants grown by clonal micropropagation (*in vitro*)] // Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2020. No. 4. Pp. 43–49. (In Russian.)
4. Giniatullin R. R. Predposylki issledovaniya svetodiodnogo oblucheniya lukovichnykh tsvetov [Prerequisites for the study of LED irradiation of bulbous flowers] // Nauchnyy zhurnal. 2019. No. 6 (40). Pp. 33–35. (In Russian.)
5. Amiri A., Kafi M., Kalate-Jari S., Matiniazadeh M. Tulip response to different light sources // The Journal of Animal and Plant Sciences-JAPS. 2018. № 28 (2). Pp. 539–545.
6. Kondrat'yeva V. V., Voronkova T. V., Olekhovich L. S., Bidyukova G. F., Enina O. L., Shelepova O. V. Ustoychivost' rassady dekorativnykh rasteniy k kratkovremennomu kholodovomu stressu pri vozdeystvii uzkospektral'nogo sveta [Resistance of seedlings of ornamental plants to short-term cold stress under the influence of narrow-spectrum light] // Agricultural Biology. 2019. No. 54 (1). Pp. 121–129. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.121rus. (In Russian.)
7. Klimenko O. E., Aleksandrova L. M., Klimenko N. I., Klimenko N. N., Evtushenko A. P. Vliyaniye mikrobnnykh preparatov na biomorfologicheskiye pokazateli tyul'pana (*Tulipa* L.) 'Anna Krasavitsa' i plodorodiye pochvy v usloviyakh stepnogo Kryma [Influence of microbial preparations on the biomorphological parameters of the tulip (*Tulipa* L.) 'Anna Krasavitsa' and soil fertility in the conditions of the steppe Crimea] // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2021. No. 2 (159). Pp. 17–28. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-2-159-17-28. (In Russian.)
8. Klimenko N. I., Plugatar' Yu. V., Klimenko O. E. Sozdaniye poleznykh rastitel'no-mikrobnnykh vzaimodeystviy v rizosfere dekorativnykh rasteniy [Creation of beneficial plant-microbial interactions in the rhizosphere of ornamental plants]. Simferopol: Arial, 2019. 108 p. (in Russian.)
9. Chaykovskaya L. A., Klyuchenko V. V., Baranskaya M. I., Ovsiyenko O. L. Fosfatmobilizuyushchiye bakterii v agrotsenozakh Kryma [Phosphate mobilizing bacteria in agrocenoses of the Crimea]. Simferopol: Arial, 2018. 156 p. (In Russian.)
10. Pas' A. N. Effektivnost' mikrobnnykh preparatov pri introduktsii *Tulipa* × *hybrida* hort. v usloviyakh predgornogo Kryma [The effectiveness of microbial preparations in the introduction of *Tulipa* × *hybrida* hort. in the conditions of the foothill Crimea] // Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2020. No. 1 (21). Pp. 56–63. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-56-63. (In Russian.)
11. Lastochkina O., Aliniaefard S., Seifikalhor M., Yuldashev R. L., Pusenkova L., Garipova S. Plant Growth-Promoting Bacteria: Biotic Strategy to Cope with Abiotic Stresses in Wheat // Wheat Production in Changing Environments. 2019. Pp. 579–614. DOI: 10.1007/2F978-981-13-6883-7_23.
12. Sorokan' A. V., Burkhanova G. F., Maksimov I. V. Endofitnyye bakterii *Vacillus subtilis* 26d snizhayut porazhennost' rasteniy kartofelya fitoftorozom, stimuliruya transkriptsionnuyu aktivnost' zhasmonat-zavisimykh genov [Endophytic bacteria *Bacillus subtilis* 26e reduce late blight damage to potato plants by stimulating the transcriptional activity of jasmonate-dependent genes] // Biomika. 2020. Vol. 12. No. 3. Pp. 398–403. (In Russian.)
13. Kulikova A. Kh., Yashin E. A., Yashin A. E., Volkova E. S. Vliyaniye organicheskoy, organo-mineral'noy i mineral'noy sistem udobreniya na svoystva pochvy i urozhaynost' ozimoy pshenitsy v Srednem Povolzh'ye [Influence of organic, organo-mineral and mineral fertilizer systems on soil properties and productivity of winter wheat in the Middle Volga] // Agricultural Chemistry. 2022. No. 2. Pp. 13–21. DOI: 10.31857/S0002188122020089. (In Russian.)

14. Denisova S. G., Reut A. A. Izucheniye vliyaniya adaptogenov na vodnyy rezhim nekotorykh sortov roda *Chrysanthemum* L. pri introduktsii v Bashkirskom Predural'ye [Study of the effect of adaptogens on the water regime of some varieties of the genus *Chrysanthemum* L. when introduced in the Bashkir Cis-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 2–13. (in Russian.)
15. Malyarovskaya V. I., Kolomiyets T. M., Sokolov R. N., Samarina L. S. Vliyaniye spektral'nogo sostava sveta na rost i razvitiye *Lilium caucasicum* v usloviyakh kul'tury *in vitro* [Influence of the spectral composition of light on the growth and development of *Lilium caucasicum* under *in vitro* culture] [e-resource] // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. No. 94. Pp. 1016–1026. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/12.pdf> (date of reference: 15.03.2022). (In Russian.)
16. Kondrat'yeva V. V., Voronkova T. V., Semenova M. V., Olekhovich L. S., Enina O. L., Shelepova O. V. Vliyaniye uzkospektral'nogo sveta v sochetanii s predposadochnoy obrabotkoy lukovits tyul'pana "Fitosporinom" na kachestvo pri zimne-vesenney vygonke tyul'panov [Influence of narrow-spectrum light in combination with pre-planting treatment of tulip bulbs with "Fitosporin" on the quality during winter-spring forcing of tulips] // The Bulletin of KrasGAU. 2021. No. 8 (173). Pp. 74–79. (In Russian.)
17. Gautam P., Terfa M.T., Olsen J.E., Torre S. Red and blue light effects on morphology and flowering of *Petunia* × *hybrida* // Scientia Horticulturae. 2015. 184. Pp. 171–178. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.01.004.

Authors' information:

Aygul R. Biglova¹, engineer of the I category, ORCID 0000-0002-5729-8261, AuthorID 961279;
+7 987 146-81-86, ajgul.biglova@mail.ru

Irina N. Allayarova¹, candidate of biological sciences, junior researcher, ORCID 0000-0002-4575-7301,
AuthorID 908455; +7 937 317-86-78, AllayarowaIrina@yandex.ru

Antonina A. Reut¹, candidate of biological sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-4809-6449,
AuthorID 625318; +7 917-465-18-89, cvetok.79@mail.ru

Oksana V. Lastochkina², candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-3398-1493,
AuthorID 631751; +7 963 901-80-46, oksanaibg@gmail.com

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

²Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Параметры изменчивости показателей телосложения и продуктивности голштинских коров в зависимости от уровня удоя

А. Ф. Контэ^{1✉}, Г. Г. Карликова¹

¹ Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Дубровицы, Россия

✉ E-mail: alexandrconte@yandex.ru

Аннотация. Цель исследований – изучить параметры генетической изменчивости признаков телосложения и продуктивности голштинских коров в зависимости от уровня их удоя. **Методы исследований.** Использована база данных СЕЛЭКС. Животные (1610 голов) по удою за 1-ю лактацию были разделены на 3 группы: 1 – удой не более 7500 кг, 2 – от 7501 до 9000 кг, 3 группа – 9001 кг молока и более. Коррелограммы построены на основе скриптов R в R-Studio. **Результаты.** Коровы 3-й группы выше ростом ($p \leq 0,001$), с более глубоким туловищем ($p \leq 0,001$), широким задом и большей глубиной вымени ($p \leq 0,001$). В 3-й группе выше удой и белок ($p \leq 0,01$). Животные 2-й группы выше ростом ($p \leq 0,001$), с высокими задними долями, более длинными сосками ($p \leq 0,001$), глубоким выменем ($p \leq 0,01$). Во 2-й группе корреляция r между высотой в крестце и глубиной вымени составляет 0,58. У животных 3-й группы r высоты в крестце и молочного типа равна 0,77, крепость / глубина туловища – 0,63, высота, ширина зада / высота задних долей – от 0,60 до 0,62. В 1-й группе r между признаками «высота задних долей / положение зада и глубина вымени» (0,72–0,79), «длина передних долей / высота задних долей», «глубина вымени / центральная связка» (0,60). По белковомолочности h^2 у животных 2-й и 3-й групп 0,52–0,74. У животных 3-й группы высокий h^2 по росту, глубине туловища, высоте пятки и задних долей вымени, крепости телосложения и глубине вымени. Во 2-й группе высокий h^2 по глубине туловища, положению зада, углу задних ног сбоку, расположению передних сосков, длине сосков, крепости телосложения. **Научная новизна.** Применение цифровых технологий при оценке животных позволяет точнее установить связь признаков продуктивности молочных животных с телосложением и способствует увеличению надоев, качественного состава молока и долголетия коров.

Ключевые слова: голштинские коровы, тип телосложения, экстерьер, наследуемость, генетическая корреляция, селекция.

Для цитирования: Контэ А. Ф., Карликова Г. Г. Параметры изменчивости показателей телосложения и продуктивности голштинских коров в зависимости от уровня удоя // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 37–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-37-48.

Дата поступления статьи: 21.04.2022, **дата рецензирования:** 29.04.2022, **дата принятия:** 12.05.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Согласно программе государства на период с 2013 по 2020 гг. «Развитие отрасли животноводства, переработки и реализации продукции животноводства», существует необходимость в росте производственных объемов молока до 36 млн тонн, а потребность на одного человека – до 258 кг в год. Улучшение технологии содержания и кормления, а также методов разведения сельскохозяйственных животных является одной из основных задач, ориентированной на повышение интенсивности молочной отрасли.

Помимо проектирования специальных программ и осуществления мероприятий, нацеленных

на увеличение роста молочной продуктивности скота, одновременно с организацией конкретной технологии кормления, режима содержания важно проводить оценку и обращать внимание в управлении стадом на их продуктивные и экстерьерные особенности. Хотя связь показателей молочной и мясной продуктивности с телосложением доказана зоотехнической наукой, за исключением редких случаев она широко применяется, несмотря на то она оказывает влияние на экономическую результативность целой отрасли. Не слишком полная изученность особенностей воспроизводства, физиологии, продуктивных способностей и технологической приспособленности коров различного генотипа ус-

ложняет осуществление организованной племенной работы [1, с. 8].

Как таковое понятие «экстерьер» было определено после его введения Клодом Буржелем в XVIII в. в теорию животноводства и обозначает как в целом формы типа телосложения, так и непосредственно сам внешний вид животного. В дальнейшем научном развитии представления об экстерьере были рекомендованы разные подходы в осуществлении его оценки [2, с. 23].

Различные источники научной литературы уже около двух столетий содержат данные о взаимосвязанности определенных показателей экстерьера с продуктивными признаками коров, указывая на то, что наиболее молочным будет то животное, чье межреберное пространство намного больше. Возможно, все данные высказывания в целом верны, так как специалистами эти закономерности уже давно подмечены.

Особое внимание уделяют оценке типа экстерьера страны с высоким уровнем животноводства, так как, по их мнению, оценка телосложения является важным звеном общей оценки молочных животных [3, с. 3; 4; 5; 6, с. 18; 7, с. 36; 8, с. 6; 9, с. 100].

Вместе с тем за последнее десятилетие, согласно нормативным актам по племенному животноводству, наиболее широкое применение получает система линейной экстерьерной оценки. Оценивают корову визуально, но во избежание ошибок дополнительно снимают измерения именно при случаях, которые вызывают сомнения [10, с. 18; 11, с. 3; 12, с. 218; 13, с. 312].

Данная оценка позволяет намного лучше подойти к пониманию различий внутри групп животных, а также, возможно, генотипов и быков. Учетные и оценочные признаки представляют экономически важный интерес, так как все они связаны с молочными признаками животных [14, с. 95].

Система линейного описания телосложения коров может иметь применение в возможном качестве вспомогательного элемента в конструировании модельного животного на основе строения вымени и телосложения [15].

Селекционная работа по признакам экстерьера, направленная на увеличение производства молока и долгосрочного использования коров стада, будет благоприятствовать снижению вынужденных причин выбытия животных [16; 17, с. 3; 18, с. 14; 19, с. 38; 20, с. 1552; 21, с. 2337].

Целью исследований было изучение параметров генетической изменчивости признаков телосложения и продуктивности голштинских коров в зависимости от уровня их удоя.

Задачи исследования:

- установить достоверность различий средних величин исследуемых показателей продуктивности и телосложения у животных с разным уровнем молочной продуктивности;

- оценить степень генетической взаимосвязи анализируемых показателей;

- определить наследуемость показателей продуктивности и телосложения у исследуемых животных.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом нашей научно-исследовательской работы послужили коровы-перволетки голштинской породы ПЗ «Аксиньино» Ступинского района Московской области. С использованием баз данных СЕЛЭКС нами были изучены признаки экстерьера и продуктивные показатели голштинских коров численностью 1610 голов. Количество производителей (быков), учтенных в работы, составило 110 голов. В ходе проведенной работы исследуемые животные отранжированы на 3 группы согласно уровню их продуктивности по первой лактации: 1-я группа – коровы с удоем не более 7500 кг молока; 2-я группа – с продуктивностью в пределах 7501–9000 кг молока; 3-я группа – с уровнем удоя 9001 кг молока и выше.

Линейный профиль экстерьера животных методически произведен соответственно рекомендациям НП «Мосплеинформ».

Расчет средней величины показателя проводили согласно формуле

$$\bar{X}_c = \frac{\sum X}{n}, \quad (1)$$

где $\bar{X}_c$ – средняя величина признака;
 $\sum X$ – сумма значений, по которым рассчитана средняя величина;

n – количество наблюдений.

Среднеквадратическое отклонение признака производили в соответствии с уравнением

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^n (\dot{X}_j - \ddot{X}_c)^2}, \quad (2)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение;

$\dot{X}_j$ – j -е значение наблюдений выборки;

$\ddot{X}_c$ – среднее значение показателя;

n – объем выборки.

Ошибку среднего значения признака устанавливали по следующему уравнению:

$$x = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \quad (3)$$

где x – ошибка среднего значения признака;

n – количество наблюдений;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Сравнение достоверности разности значений средних величин определяли на основе t -критерия Стьюдента по данной формуле:

$$t = \frac{\ddot{X}_b - \ddot{X}_c}{\sqrt{x_b^2 - x_c^2}}, \quad (4)$$

где $\ddot{X}_b$ – средняя величина признака группы b ;
 $\ddot{X}_c$ – средняя величина признака группы c ;
 x_b – ошибка средней величины группы b ;
 x_c – ошибка средней величины группы c .

Разница принимается достоверной нами только в том случае, когда расчетное значение t_{st} превосходит табличное значение при заданном числе степеней свободы (f). Значимость определяется тремя категориями: $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$.

С использованием подпрограммы REMLF90 программы BLUPF90 нами получены экспериментальные величины генетических вариаций- и коварианс-показателей исследуемых признаков коров на основе уравнения модели (5):

$$Y_{nm} = \mu + H_x + YO_x + BT_x + Sire_j + e_{nm}, \quad (5)$$

где Y_{nm} – анализируемый показатель n -й первотелки в m -м хозяйстве;

μ – среднее популяционное значение;

YO_x – возраст первого отела n -й первотелки;

H_x – фиксированный эффект k -го «стадо, сезон и год отела»;

BT_x – оценка типа телосложения n -й первотелки (день лактации);

e_{nm} – эффект неучтенных факторов в модели;

$Sire_j$ – случайный эффект j -го быка [6; 10, с. 71].

Полагая, что эффекты $Sire_j$ обладают нормальным распределением с дисперсией $Var(Sire_j) = G$ (это матрица аддитивных генетических вариаций и коварианс между отдельными животными):

$$G = \sigma_s^2 RM, \quad (6)$$

где RM – матрица родства;

$\sigma_s^2 = \sigma_p^2 * h^2$ – аддитивная генетическая дисперсия;

h^2 – коэффициент наследуемости;

σ_p^2 – фенотипическая дисперсия.

В расчетах использована модель смешанного типа Multiple Traits Model, включающая все анализируемые показатели.

Расчет коэффициента наследуемости осуществили согласно формуле

$$h^2 = (4 * \sigma_s^2) / (\sigma_s^2 + \sigma_p^2), \quad (7)$$

где σ_s^2 – генетическая дисперсия;

σ_p^2 – фенотипическая дисперсия.

В соответствии с формулой (3) была определена ошибка ($\ddot{S}_{h^2}$) коэффициента наследуемости:

$$\ddot{S}_{h^2} = \sqrt{(32 * h^2) / (k_q * n_{sire})}, \quad (8)$$

где n_{sire} – количество быков;

k_q – среднее количество дочерей на производителя.

Ошибку коэффициента генетической корреляции ($\ddot{S}_r$) определяли в соответствии с уравнением

$$\ddot{S}_{h^2} = \sqrt{(1 - r_{bc}) / 2(h_b^2 * h_c^2) * \ddot{S}_{h_b^2} * \ddot{S}_{h_c^2}}, \quad (9)$$

где r_{bc} – коэффициент генетической корреляции признаков b и c ;

h_b^2 – значение наследуемости показателя b ;

h_c^2 – значение наследуемости показателя c ;

$\ddot{S}_{h_b^2}$ – ошибка коэффициента наследуемости показателя b ;

$\ddot{S}_{h_c^2}$ – ошибка коэффициента наследуемости показателя c [8, с. 357].

Коррелограммы построены на основе скриптов R в R-Studio с использованием программного пакета corplot.

Вычислительные операции проведены на рабочем стационарном компьютере с оперативной памятью 128 Гб при тактовой частоте 3,50 ГГц при двух процессорах Intel Xeon.

Результаты (Results)

В ходе проведенных исследований нами выявлено, что животные с более высоким уровнем удоя, отнесенные к 3-й группе (≥ 9001 кг), имели по первой лактации наибольший надой молока и превосходили животных 1-й (≤ 7500) и 2-й (7501–9000) групп на 4565,6 кг и 2331,9 соответственно ($p \leq 0,001$) (таблица 1).

Коровы 3-й группы с наивысшим удоем по сравнению с 1-й обладали более высоким ростом ($p \leq 0,001$) и глубоким туловищем ($p \leq 0,001$), широким задом и большей глубиной вымени ($p \leq 0,001$). В отличие от животных 2-й группы достоверные отличия отмечены по удою, как ранее отмечено и белку ($p \leq 0,01$). В сравнении же 2-й группы с 1-й установлено, что животные с удоем 7501–9000 обладали большим ростом ($p \leq 0,001$), большей высотой задних долей и длиной сосков ($p \leq 0,001$), глубиной вымени ($p \leq 0,01$). Относительно же показателей конечностей все три градации животных отмечены невысокими значениями.

Что касается коэффициента генетической корреляции, то коровы 1-й группы обладали более низкими связями удоя с содержанием жира и белка ($r = -0,42 \dots -0,21$) (рис. 1).

Вторая же группа отмечена высокими корреляциями по следующим признакам: высота в крестце / глубина вымени ($r = 0,58$), глубина туловища / центральная связка ($r = -0,69$), высота задних долей / крепость ($r = -0,63$) и молочный тип ($r = 0,63$) (рис. 2). Животные 3-й группы по этим же показателям обладали положительными значениями корреляции ($r = 0,29 \dots 0,34$). При этом животные этой группы отмечены высокой положительной корреляцией высоты в крестце и молочного типа ($r = 0,77$), крепости и глубины туловища ($r = 0,63$), высоты задних долей (0,60...0,62), центральной связки и прикрепления передних долей ($-0,68$) (рис. 3).

Таблица 1

Показатели экстерьера и продуктивности голштинских первотелок

Признаки	≤ 7500			7501–9000			≥ 9001		
	<i>M</i>	$\pm m$	σ	<i>M</i>	$\pm m$	σ	<i>M</i>	$\pm m$	σ
Удой, кг	5953,3	30,9	922,3	8187,0 ^{C/C}	21,6	415,4	10518,9 ^{C/C}	76,7	1430,9
Жир, %	4,05	0,011	0,3	3,97 ^{C/}	0,02	0,3	3,98 ^{C/}	0,02	0,3
Белок, %	3,18	0,007	0,2	3,18 ^B	0,01	0,2	3,21 ^{B/B}	0,01	0,2
Молочный тип	6,1	0,04	1,1	6,3	0,05	1,0	6,2	0,05	1,0
Высота	5,0	0,03	1,0	5,2 ^{A/}	0,05	1,0	5,3 ^{A/}	0,06	1,0
Крепость	5,5	0,04	1,2	5,5	0,06	1,1	5,6	0,06	1,1
Глубина туловища	6,2	0,04	1,1	6,3	0,06	1,1	6,5 ^{A/}	0,05	1,0
Ширина зада	5,4	0,04	1,1	5,5	0,05	1,1	5,6 ^{A/}	0,05	1,0
Положение зада	4,7	0,05	1,4	4,7	0,07	1,4	4,8	0,07	1,4
Скакательный сустав сзади	4,4	0,04	1,1	4,4	0,05	1,0	4,3	0,05	1,0
Угол задних ног сбоку	4,6	0,04	1,3	4,8	0,06	1,2	4,8	0,07	1,2
Постановка задних ног сзади	5,2	0,04	1,2	5,2	0,06	1,2	5,3	0,07	1,3
Высота пятки	4,6	0,05	1,4	4,8	0,07	1,4	4,6	0,07	1,4
Длина передних долей	5,4	0,04	1,2	5,6	0,05	1,0	5,7	0,06	1,0
Прикрепление передних долей	5,7	0,04	1,2	5,8	0,06	1,2	5,9 ^{B/}	0,07	1,3
Глубина вымени	6,4	0,04	1,1	6,3	0,06	1,1	6,2 ^{B/A}	0,06	1,0
Длина сосков	4,8	0,04	1,2	5,0	0,06	1,1	5,0	0,06	1,1
Центральная связка	6,1	0,04	1,2	6,0	0,06	1,3	6,2	0,07	1,2
Высота задних долей	6,3	0,03	1,0	6,5	0,05	0,9	6,4 ^{A/B}	0,05	1,0
Расположение передних сосков	4,5	0,04	1,1	4,5	0,05	1,1	4,6	0,05	1,0

Примечание. ^A*p* ≤ 0,05; ^B*p* ≤ 0,01; ^C*p* ≤ 0,001 (здесь и далее).

^{A/...} – достоверное различие между показателями I и II, I и III групп.

^{.../A} – достоверное различие между показателями II и III групп.

Table 1

Indicators of the exterior and productivity of Holstein heifers

Traits	≤ 7500			7501–9000			≥ 9001		
	<i>M</i>	$\pm m$	σ	<i>M</i>	$\pm m$	σ	<i>M</i>	$\pm m$	σ
Milk yield, kg	5953.3	30.9	922.3	8187.0 ^{C/C}	21.6	415.4	10518.9 ^{C/C}	76.7	1430.9
Milk fat, %	4.05	0.011	0.3	3.97 ^{C/}	0.02	0.3	3.98 ^{C/}	0.02	0.3
Milk protein, %	3.18	0.007	0.2	3.18 ^B	0.01	0.2	3.21 ^{B/B}	0.01	0.2
Angularity	6.1	0.04	1.1	6.3	0.05	1.0	6.2	0.05	1.0
Stature	5.0	0.03	1.0	5.2 ^{A/}	0.05	1.0	5.3 ^{A/}	0.06	1.0
Chestwidth	5.5	0.04	1.2	5.5	0.06	1.1	5.6	0.06	1.1
Bodydepth	6.2	0.04	1.1	6.3	0.06	1.1	6.5 ^{A/}	0.05	1.0
Rumpwidth	5.4	0.04	1.1	5.5	0.05	1.1	5.6 ^{A/}	0.05	1.0
Rumpangle	4.7	0.05	1.4	4.7	0.07	1.4	4.8	0.07	1.4
Hockdevelopment	4.4	0.04	1.1	4.4	0.05	1.0	4.3	0.05	1.0
Rearlegsset	4.6	0.04	1.3	4.8	0.06	1.2	4.8	0.07	1.2
Rearlegsrearview	5.2	0.04	1.2	5.2	0.06	1.2	5.3	0.07	1.3
Footangle	4.6	0.05	1.4	4.8	0.07	1.4	4.6	0.07	1.4
Lengthudderattachment	5.4	0.04	1.2	5.6	0.05	1.0	5.7	0.06	1.0
Foreudderattachment	5.7	0.04	1.2	5.8	0.06	1.2	5.9 ^{B/}	0.07	1.3
Udderdepth	6.4	0.04	1.1	6.3	0.06	1.1	6.2 ^{B/A}	0.06	1.0
Teatlength	4.8	0.04	1.2	5.0	0.06	1.1	5.0	0.06	1.1
Centralligament	6.1	0.04	1.2	6.0	0.06	1.3	6.2	0.07	1.2
Rearudderheight	6.3	0.03	1.0	6.5	0.05	0.9	6.4 ^{A/B}	0.05	1.0
Frontteatplacement	4.5	0.04	1.1	4.5	0.05	1.1	4.6	0.05	1.0

Note. ^A*p* ≤ 0.05; ^B*p* ≤ 0.01; ^C*p* ≤ 0.001 (hereinafter).

^{A/...} – significant difference between the indicators of I and II, I and III groups.

^{.../A} – significant difference between indicators of II and III groups.

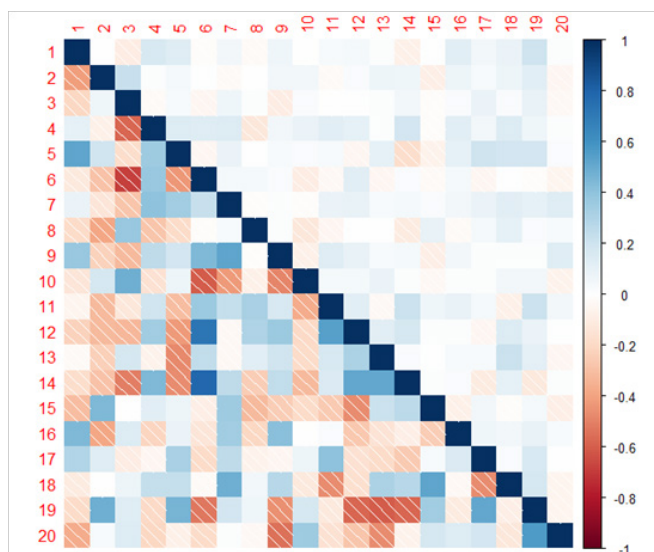


Рис. 1. Correlogramma признаков животных с удоем не более 7500 кг

1 – удой, кг; 2 – жир, %; 3 – белок, %; 4 – высота; 5 – глубина туловища; 6 – положение зада; 7 – ширина зада; 8 – угол задних ног (сбоку); 9 – высота пятки; 10 – постановка задних ног (сзади); 11 – прикрепление передних долей; 12 – высота задних долей; 13 – центральная связка; 14 – глубина вымени; 15 – расположение передних сосков; 16 – длина сосков; 17 – крепость; 18 – молочный тип; 19 – длина передних долей; 20 – скакательный сустав (сзади) (здесь и далее). Выше диагонали – фенотипические корреляции, ниже – генетические корреляции

Fig. 1. Correlogram of signs of animals with milk yield no more than 7500 kg

1 – Milk yield, kg; 2 – Milk fat, %; 3 – Milk protein, %; 4 – Stature; 5 – Body depth; 6 – Rump angle; 7 – Rump width; 8 – Rear legs set; 9 – Foot angle; 10 – Rear legs rear view; 11 – Fore udder attachment; 12 – Rear udder height; 13 – Central ligament; 14 – Udder depth; 15 – Front teat placement; 16 – Teat length; 17 – Chest width; 18 – Angularity; 19 – Length udder attachment; 20 – Hock development (hereinafter). Above the diagonal are phenotypic correlations, below are genetic correlations

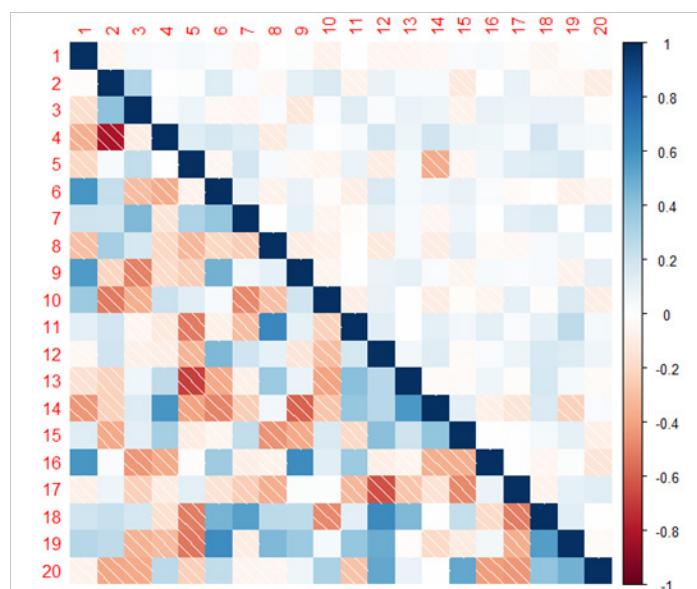


Рис. 2. Correlogramma признаков животных с удоем 7501–9000 кг

Fig. 2. Correlogram of signs of animals with a milk yield of 7501–9000 kg

В 1-й же группе установлены достаточно сильные связи между следующими признаками: положение зада / высота задних долей и глубина вымени ($r = 0,72...0,79$); постановка задних ног ($r = -0,60$); длина передних долей / высота задних долей ($r = -0,57$), центральная связка и глубина вымени ($r = 0,60$).

Поскольку на величину коэффициента наследуемости оказывает влияние множество факторов,

важна не абсолютная, а относительная его оценка. В практической селекции высокие ($h^2 = 0,40$) и отчасти средние ($h^2 = 0,20...0,4$) коэффициенты наследуемости указывают на возможность применения в стаде в качестве основного метода селекции отбора по собственной продуктивности, а низкие ($h^2 = 0,2$) – на необходимость усиления внимания к отбору по качеству потомства.

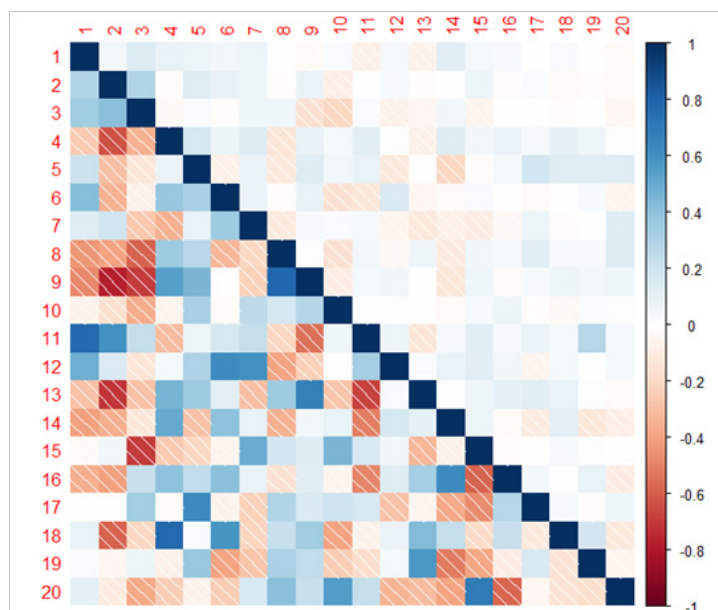


Рис. 3. Correlogram признаков животных с удоем 9001 кг и более
Fig. 3. Correlogram of signs of animals with milk yield 9001 kg and more

Если же обратить внимание на коэффициент наследуемости по продуктивным признакам, то по удою и жирномолочности все три группы отличаются невысокими значениями ($h^2 = 0,13...0,20$). Что касается белкомолочности, то наивысшими показателями отмечены 2-я и 3-я группы ($h^2 = 0,52...0,74$). Животные 3-й группы отмечены высоким коэффициентом наследуемости по следующим показателям: рост, глубина туловища, высота пятки и задних долей вымени, крепость телосложения и глубина вымени. Вторая же группа имела достаточно высокие значения наследуемости по следующим признакам: положение зада, глубина туловища, угол задних ног сбоку, расположение передних сосков, длина сосков, крепость телосложения и скакательный сустав сзади. Неравномерное распределение минимальных и максимальных значений наследуемости может быть связано с различными подходами при подборе животных на разных этапах селекции.

В то же время, согласно второй системе экстерьерной оценки, коровы как широкотелого, так и узкотелого типа также характеризовались несущественной наследуемостью анализируемых показателей: значение наследуемости колеблется от 0,02 до 0,18.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Познание генетической изменчивости признаков телосложения молочного скота с высокими продуктивными качествами указывает на необходимость более детального подхода к выбору производителей в целях практики разведения при создании стад высокопродуктивных коров согласованно как типу, так и возможной способности к наследованию особенностей экстерьера своими потомками.

Знание параметров генетической изменчивости дает возможность контролировать ситуацию с животными с выровненными значениями отдельных статей экстерьера, что делает возможным, в частности, прогнозирование успешности селекции. В то же время следует отметить, что все принятые во внимание показатели имеют важный экономический вес, что является следствием сопряженности с продуктивными показателями [15].

Отсюда следует, что оценка экстерьерного линейного профиля при правильном применении и изучении анализируемых данных должна позволить вести отбор и ранжирование по телосложению высокопродуктивного скота и, как следствие, увеличивать продуктивность непосредственно по стаду и популяции, а также должна быть ориентирована в дальнейшем в целом на улучшение качественно-полезных признаков [13, с. 312; 16; 17, с. 3; 18, с. 14].

Числовое значение коэффициента наследуемости в разной степени зависит от способов расчета, от технологии содержания и кормления, от внешних факторов и повторяемости исследуемого признака. Использование одной какой-то методологии получения показателя наследуемости в разных условиях может давать кардинально различные результаты. Таким образом, использовать расчетные данные можно конкретно в тех же паратипических условиях и для тех же популяций, на которых они были получены. Если полученное значение наследуемости достаточно высокое ($h^2 = 1$), то фенотип производителя сходится с его генотипом, как следствие, масштабный отбор по фенотипу может дать очень хороший эффект. При значении же низкой наследуемости, близкой нулю, отбор в массе своей не даст ожидаемого результата [19, с. 38; 20, с. 1552].

Таблица 2

Наследуемость оценок экстерьера

Показатели	≤ 7500	7501–9000	≥ 9001
Удой, кг	0,13	0,17	0,17
Жир, %	0,14	0,20	0,13
Белок, %	0,32	0,52	0,74
Молочный тип	0,19	0,33	0,25
Высота	0,16	0,29	0,68
Крепость	0,20	0,49	0,54
Глубина туловища	0,16	0,43	0,37
Ширина зада	0,28	0,21	0,11
Положение зада	0,17	0,45	0,17
Скакательный сустав сзади	0,21	0,49	0,13
Угол задних ног сбоку	0,13	0,37	0,26
Пост. задних ног сзади	0,12	0,18	0,12
Высота пятки	0,06	0,17	0,41
Длина передних долей	0,16	0,26	0,17
Прикрепление передних долей	0,26	0,22	0,29
Глубина вымени	0,16	0,41	0,54
Длина сосков	0,15	0,59	0,44
Центральная связка	0,11	0,16	0,13
Высота задних долей	0,39	0,29	0,44
Расположение передних сосков	0,26	0,39	0,33

Table 2

Heritability of exterior scores

Traits	≤ 7500	7501–9000	≥ 9001
Milk yield, kg	0.13	0.17	0.17
Milk fat, %	0.14	0.20	0.13
Milk protein, %	0.32	0.52	0.74
Angularity	0.19	0.33	0.25
Stature	0.16	0.29	0.68
Chest width	0.20	0.49	0.54
Body depth	0.16	0.43	0.37
Rump width	0.28	0.21	0.11
Rump angle	0.17	0.45	0.17
Hock development	0.21	0.49	0.13
Rear legs set	0.13	0.37	0.26
Rear legs rear view	0.12	0.18	0.12
Foot angle	0.06	0.17	0.41
Length udder attachment	0.16	0.26	0.17
Fore udder attachment	0.26	0.22	0.29
Udder depth	0.16	0.41	0.54
Teat length	0.15	0.59	0.44
Central ligament	0.11	0.16	0.13
Rear udder height	0.39	0.29	0.44
Front teat placement	0.26	0.39	0.33

Оценивая же практическое значение предлагаемых селекционных показателей, необходимо принять во внимание, что старые породы, отселекционированные по основным хозяйственным показателям, могут обладать пониженным генетическим разнообразием. Это может быть следствием не очень эффективного массового отбора согласно фенотипу [21, с. 2337; 22, с. 358]. Применительно к этому случаю необходимо использовать другие методологические подходы к селекционной работе, а именно: индивидуальный отбор и подбор, линей-

ное разведение, оценку по качеству потомства отцов и т. д.

По этой причине исследование селекционно-генетической изменчивости экстерьерных показателей высокопродуктивных молочных животных будет давать возможность более качественной работы селекционера. Значение селекционных параметров способствует оцениванию ситуации с выровненностью отдельных статей животных, промеров и непосредственно телосложения животных, в некотором смысле прогнозированию селекции. Приме-

Таблица 3

Оценка племенной ценности (EBV) продуктивным показателям и экстерьеру

Показатели	≤ 7500	7501–9000	≥ 9001
Удой, кг	–3542,51	80,98	3992,73
Жир, %	0,0167	–0,006	–0,0133
Белок, %	–0,0318	–0,0005	0,037
Молочный тип	–0,1542	0,0196	0,1581
Высота	0,0593	0,0599	0,0604
Крепость	–0,0113	–0,0073	0,0201
Глубина туловища	–0,1506	–0,0041	0,1771
Ширина зада	–0,1162	0,0091	0,1247
Положение зада	–0,0815	0,0267	0,0676
Скакательный сустав сзади	0,0385	0,0017	–0,0459
Угол задних ног сбоку	–0,0239	0,0159	0,012
Постановка задних ног сзади	–0,0416	–0,0072	0,0548
Высота пятки	0,0088	0,0247	–0,0342
Длина передних долей	–0,0879	–0,013	0,1137
Прикрепление передних долей	0,0006	–0,004	0,0032
Глубина вымени	0,2931	0,0005	–0,3374
Длина сосков	0,0884	0,0194	–0,1205
Центральная связка	–0,2201	0,0157	0,2377
Высота задних долей	–0,0807	0,032	0,0615
Расположение передних сосков	–0,0298	–0,0275	0,0611

Table 3

Evaluation of breeding value (EBV) for productive traits and exterior

Traits	≤ 7500	7501–9000	≥ 9001
Milk yield, kg	–3542.51	80.98	3992.73
Milk fat, %	0.0167	–0.006	–0.0133
Milk protein, %	–0.0318	–0.0005	0.037
Angularity	–0.1542	0.0196	0.1581
Stature	0.0593	0.0599	0.0604
Chest width	–0.0113	–0.0073	0.0201
Body depth	–0.1506	–0.0041	0.1771
Rump width	–0.1162	0.0091	0.1247
Rump angle	–0.0815	0.0267	0.0676
Hock development	0.0385	0.0017	–0.0459
Rear legs set	–0.0239	0.0159	0.012
Rear legs rear view	–0.0416	–0.0072	0.0548
Foot angle	0.0088	0.0247	–0.0342
Length udder attachment	–0.0879	–0.013	0.1137
Fore udder attachment	0.0006	–0.004	0.0032
Udder depth	0.2931	0.0005	–0.3374
Teat length	0.0884	0.0194	–0.1205
Central ligament	–0.2201	0.0157	0.2377
Rear udder height	–0.0807	0.032	0.0615
Front teat placement	–0.0298	–0.0275	0.0611

нение цифровых технологий и передовых методов при оценке индивидуальных особенностей животных позволяет в технологических условиях с наибольшей степенью точности охарактеризовать экстерьер и установить связь признаков продуктивности молочных животных с телосложением. В таком случае правильный подход к применению результатов оценки будет следствием повышения надоев и увеличения долголетия продуктивных коров, а также непосредственно качественного состава молока [16].

Помимо этого, наследуемость формирует не всю долю генетической изменчивости, а непосредственно ту ее часть, которая характеризуется аддитивным действием факторов наследственности [23, с. 45; 24, с. 72; 25, с. 252]. h^2 не выражает такого наследования, как сверхдоминирование, которое служит основой гетерозиса, а также особенных генетических признаков животных и разных генеалогических групп, действия генеалогического сочетания при подборе быков и разной «силы» наследственной препоценции различных особей.

В некоторых случаях показатели h^2 выпадают за допустимые рамки (менее 0 или более 1). По этой причине в практике использования значения коэффициента наследуемости для селекции его стоит вычислять непосредственно для каждой конкретной популяции, и тогда не имеет смысла сравнивать его величину со значениями, полученными в разных условиях и на разных стадах.

Благодарности (Acknowledgements)

Выражаем благодарность в предоставлении данных специалистам ПЗ «Аксиньино» Ступинского района Московской области и РИСЦ «Моспле-минформ». Исследования осуществлены в рамках Госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации ГЗ 0445-2021-0016.

Библиографический список

1. Батаргалиев А. С. Реализация генетического потенциала продуктивности голштинизированного черно-пестрого скота Поволжья: дис. канд. с.-х. наук. Краснодар, 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://kubsau.ru/upload/iblock/a9b/a9b25b62e2509b97cb1aaf7e93b2871.pdf> (дата обращения: 28.03.2022).
2. Мартынова Е., Девятова Ю. Линейная оценка экстерьеров коров и ее связь с продуктивностью // Молочное и мясное скотоводство. 2004. № 8. С. 23–25.
3. Батанов С. Д., Баранова И. А., Старостина О. С. Разработка модели комплексной оценки экстерьера и продуктивности молочного скота с использованием цифровых технологий // Зоотехния. 2019. № 7. С. 2–8.
4. Batanov S. D., Baranova I. A., Starostina O. S. Non-contact methods of cattle conformation assessment using mobile measuring systems [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Institute of Physics and IOP Publishing Limited. 2019. Vol. 315 (3). P. 1–6. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/315/3/032006/pdf> (date of reference: 29.03.2022).
5. Целищева О. Н. Правила оценки коров по экстерьеру [Электронный ресурс]. URL: <https://kleverkirov.ru/library/speech/ontsielishchieva-pravila-otsienki-korov-po-ekstiereru-gh-tochka-kirov-vghskha-28-tochka-09-tochka-2016#:~:text=%D0%9F%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%BC%3A%20%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D1%83%20%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%20%D0%BF%D0%BE,%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%BA%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%83%20%D0%B4%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E> (дата обращения: 06.07.2021).
6. Суллер И. Л., Селекция крупного рогатого скота молочных пород. Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2017. 136 с.
7. Konstandoglo A., Foksha V., Stratan G., Stratan D. Evaluation of the exterior of Holstein and Simmental primiparous cows // Scientific Papers. Series D. Animal Science. 2017. Vol. 60. Pp. 35–39.
8. Басонов О. А., Клипова А. В., Шкилев Н. П. Экстерьерно-конституциональные особенности коров черно-пестрой породы разных генотипов // Зоотехния. 2018. № 11. С. 5–8.
9. Любимов А. И., Мартынова Е. Н., Исупова Ю. В. [и др.] Экстерьерные особенности и молочная продуктивность коров черно-пестрой породы разных генераций // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2018. Т. 233. № 1. С. 98–102.
10. Логинов Ж. Г., Прохоренко П. Н., Попова Н. В. Методические рекомендации по линейной оценке экстерьерного типа в молочном скотоводстве. Москва, 1994. 40 с.
11. Прожерин В. П., Завертяев Б. П., Ялуга В. Л., Мохнаткина Ю. М. Линейная оценка экстерьера коров холмогорской породы // Зоотехния. 2008. № 12. С. 3–4.
12. Свяженина М. А., Экстерьер скота голштинской породы // Известия ОГАУ. 2019. № 5 (79). С. 217–219.
13. Ефремов А. П., Иванов В. Н., Тарасова Т. Е., Архцкая Я. С. Взаимосвязь показателей экстерьера и продуктивности коров в ФГУП «Омское» [Электронный ресурс] // Молодой ученый. 2016. № 2 (106). С. 311–315. URL: <https://moluch.ru/archive/106/25230> (дата обращения: 28.03.2022).
14. Лапина М. Ю., Абрамова М. В. Динамика показателей экстерьера и молочной продуктивности в микропопуляции голштинского скота // Пермский аграрный вестник. 2020. № 3 (31). С. 94–102.
15. Вельматов А. П., Тишкина Т. Н., Хамза А.-И. А. А. Влияние генотипа голштинских быков на селекционно-генетические параметры признаков телосложения молочных коров [Электронный ресурс] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 04 (40). С. 115–118. URL: [https://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/268/vestnik-2017-4\(40\).pdf](https://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/268/vestnik-2017-4(40).pdf) (дата обращения: 28.03.2022).
16. Батанов С. Д., Амерханов Х. А., Баранова И. А., Старостина О. С., Кертиев Р. М. Молочная продуктивность коров разных экстерьерно-конституциональных типов [Электронный ресурс] // Известия ТСХА. 2021. Вып. 2. URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/09-2021-2.pdf/download/09-2021-2.pdf> (дата обращения: 28.03.2022).
17. Аbugалиев С. К. Продуктивные и экстерьерные показатели коров голштинской породы, разводимой в ТОО «СП Первомайский» // Зоотехния. 2017. № 10. С. 2–5.

18. Косяченко Н. М., Коновалов А. В., Абрамова М. В., Ильина А. В. Популяционно-генетические характеристики ярославской породы крупного рогатого скота в оценке и моделировании селекционных процессов // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 13–16.
19. Тамарова Р. В., Продолжительность хозяйственного использования и пожизненная продуктивность голштинских коров селекции Канады в ОАО племязавод «Михайловское» Ярославской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3. С. 36–41.
20. Ayalew W., Aliy M., Negussie E. Estimation of genetic parameters of the productive and reproductive traits in Ethiopian Holstein using multi-trait models // Asian Australasian Journal of Animal Sciences. 2017. No. 30 (11). Pp. 1550–1556. DOI: 10.5713/ajas.17.0198.
21. Bradford H., Masuda Y., VanRaden P. M., Legarra A., Misztal I. Modeling missing pedigree in single-step genomic BLUP // Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 102. Iss. 3. Pp. 2336–2346. DOI: 10.3168/jds.2018-15434.
22. Aguilar I., Fernandez E. N., Blasco A., Ravagnolo O., Legarra A. A. Effects of ignoring inbreeding in model-based accuracy for BLUP and SSGBLUP/I. Aguilar // Journal of animal breeding and genetics. 2020. Vol. 137. Pp. 356–364. DOI: 10.1111/jbg.12470.
23. Семенова Н. В. Оценка наследуемости и генетических корреляций продуктивных и технологических признаков молочного скота и их применение в практической селекции // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 4. С. 44–46.
24. Контэ А. Ф., Ермилов А. Н., Сермягин А. А. Оценка динамики генетической изменчивости для показателей типа телосложения коров-первотелок голштинизированной черно-пестрой породы Подмосковья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8. С. 69–78.
25. Контэ А. Ф., Янчуков И. Н., Бычкунова Н. Г., Сермягин А. А. Взаимосвязи признаков и недостатков экстерьера коров черно-пестрой породы Московской области // Научное обеспечение развития животноводства в Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста. Дубровицы, 2019. С. 249–253.

Об авторах:

Александр Федорович Контэ¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ORCID 0000-0003-4877-0883, AuthorID 849809; alexandrconte@yandex.ru

Галина Геннадьевна Карликова¹, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ORCID 0000-0002-9021-1404, AuthorID 667690; karlikovagalina@yandex.ru

¹Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Дубровицы, Россия

Parameters of variability of indicators of physique and productivity of Holstein cows depending on the level of milk yield

A. F. Konte¹✉, G. G. Karlikova¹

¹ L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russia

✉E-mail: alexandrconte@yandex.ru

Abstract. The purpose of research is to explore the genetic variability parameters of features the physique and productivity of Holstein cows, depending on the level of their milk yield. **Research methods.** The SELEX database was used. Animals (1610 heads) were divided into 3 groups according to milk yield per 1 lactation: 1 – milk yield no more 7500 kg, 2 – 7501–9000 kg, group 3 – 9001 kg of milk and more. Correlograms are based on R scripts in R-Studio. **Results.** Cows of the 3rd group are taller ($p \leq 0,001$), with a deeper body ($p \leq 0,001$), a wide rear and a greater udder depth ($p \leq 0,001$). In group 3, milk yield and protein are higher ($p \leq 0,01$). Animals of group 2 are taller ($p \leq 0,001$), with high hind lobes, longer teats ($p \leq 0,001$), and deep udders ($p \leq 0,01$). In group 2, r according to the ratio: height in the sacrum / depth of the udder (0,58). Animals of the 3rd group – height in the sacrum / milky type (0,77), strength / depth of the body (0,63), height, width of the buttocks / height of the posterior lobes (0,62...0,60). In group 1, r between signs: height of the rear lobes / position of the hindquarters and depth of the udder (0,72...0,79), length of the front lobes / height of the hind lobes, udder depth / central ligament (0,60). According to the milk protein h^2 in animals of groups 2 and 3 0,52...0,74. Animals of the 3rd group have a

high h^2 in terms of height, body depth, heel and udder height, body strength and udder depth. In group 2, high h^2 in terms of the depth of the body, the position of the rear, the angle of the hind legs from the side, the location of the front nipples, the length of the nipples, and the strength of the physique. **Scientific novelty.** The use of digital technologies in the evaluation of animals makes it possible to more accurately establish the relationship between the characteristics of the productivity of dairy animals and the physique and contributes to an increase in milk yield, the qualitative composition of milk and the longevity of cows.

Keywords: Holstein cows, body type, conformation, heritability, genetic correlation, selection.

For citation: Konte A. F., Karlikova G. G. Parametry izmenchivosti pokazateley teloslozheniya i produktivnosti golshtinskih korov v zavisimosti ot urovnya udoya [Parameters of variability of indicators of physique and productivity of Holstein cows depending on the level of milk yield] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 37–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-37-48. (In Russian.)

Date of paper submission: 21.04.2022, **date of review:** 29.04.2022, **date of acceptance:** 12.05.2022.

References

1. Batargaliev A. S., Realizatsiya geneticheskogo potentsiala produktivnosti golshtinizirovannogo cherno-pestrogo skota Povolzh'ya: dis. ... kand. s.-kh. nauk [Realization of the genetic potential of the productivity of Holsteinized black-and-white cattle of the Volga region: dissertation ... candidate of agricultural sciences] [e-resource]. Krasnodar, 2017. URL: <https://kubsau.ru/upload/iblock/a9b/a9b25b62e2509b97cb1aafe7e93b2871.pdf> (date of reference: 28.03.2022). (In Russian.)
2. Martynova E., Devyatova Yu. Lineynaya otsenka ekster'era korov i ee svyaz' s produktivnost'yu [Linear assessment of the exterior of cows and its connection with productivity] // Dairy and beef cattle farming. 2004. No. 8. Pp. 23–25. (In Russian.)
3. Batanov S. D., Baranova I. A., Starostina O. S. Razrabotka modeli kompleksnoy otsenki ekster'era i produktivnosti molochnogo skota s ispol'zovaniem tsifrovyykh tekhnologiy [Development of a model for a comprehensive assessment of the exterior and productivity of dairy cattle using digital technologies] // Zootechnics. 2019. No. 7. Pp. 2–8. (In Russian.)
4. Batanov S. D., Baranova I. A., Starostina O. S. Non-contact methods of cattle conformation assessment using mobile measuring systems [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Institute of Physics and IOP Publishing Limited. 2019. Vol. 315 (3). Pp. 1–6. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/315/3/032006/pdf> (date of reference: 29.03.2022).
5. Tselishcheva O. N., Pravila otsenki korov po ekster'eru [Rules for evaluating cows by exterior] [e-resource]. URL: <https://kleverkirov.ru/library/speech/ontselishchieva-pravila-otsenki-korov-po-ekstieru-gh-tochka-kirov-vghskha-28-tochka-09-tochka-2016#:~:text=%D0%9F%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%B0-%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%BC%3A%20%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D1%83%20%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%20%D0%BF%D0%BE,%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%BA%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%83%20%D0%B4%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E> (date of reference: 06.07.2021). (In Russian.)
6. Suller I. L., Seleksiya krupnogo rogatogo skota molochnykh porod [Selection of cattle of dairy breeds]. Saint Petersburg: Prospekt Nauki, 2017. 136 p. (In Russian.)
7. Konstandoglo A., Foksha V., Stratan G., Stratan D. Evaluation of the exterior of Holstein and Simmental primiparous cows // Scientific Papers. Series D. Animal Science. 2017. Vol. 60. Pp. 35–39.
8. Basonov O. A., Klipova A. V., Shkilev N. P. Ekster'erno-konstitutsional'nye osobennosti korov cherno-pestroy porody raznykh genotipov [Exterior-constitutional features of black-motley cows of different genotypes] // Zootechnics. 2018. No. 11. Pp. 5–8. (In Russian.)
9. Lyubimov A. I., Martynova E. N., Isupova Yu. V. et al. Ekster'ernye osobennosti i molochnaya produktivnost' korov cherno-pestroy porody raznykh generatsiy [Exterior features and milk productivity of black-motley cows of different generations] // Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2018. Vol. 233. No. 1. Pp. 98–102. (In Russian.)
10. Loginov Zh. G., Prokhorenko P. N., Popova N. V. Metodicheskie rekomendatsii po lineynoy otsenke ekster'ernogo tipa v molochnom skotovodstve [Guidelines for the linear assessment of the conformation type in dairy cattle breeding]. Moscow, 1994. 40 p. (In Russian.)
11. Prozherin V. P., Zavertyaev B. P., Yaluga V. L., Mokhnatkina Yu. M. Lineynaya otsenka ekster'era korov kholmogorskoj porody [Linear assessment of the exterior of cows of the Kholmogory breed] // Zootechnics. 2008. No. 12. Pp. 3–4. (In Russian.)

12. Svyazhenina M. A., Ekster'er skota golshtinskoy porody [Exterior of Holstein cattle] // IZVESTIA Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 5 (79). Pp. 217–219. (In Russian.)
13. Efremov A. P., Ivanov V. N., Tarasova T. E., Arkhtskaya Ya. S. Vzaimosvyaz' pokazateley ekster'era i produktivnosti korov v FGUP "Omskoe" [The relationship between the indicators of the exterior and the productivity of cows in the Federal State Unitary Enterprise "Omskoye"] [e-resource] // Molodoy uchenyy. 2016. No. 2 (106). Pp. 311–315. URL: <https://moluch.ru/archive/106/25230> (date of reference: 28.03.2022). (In Russian.)
14. Lapina M. Yu., Abramova M. V. Dinamika pokazateley ekster'era i molochnoy produktivnosti v mikropopulyatsii golshtinskogo skota [Dynamics of indicators of exterior and milk productivity in the micropopulation of Holstein cattle] // Perm Agrarian Journal. 2020. No. 3 (31). Pp. 94–102. (In Russian.)
15. Velmatov A. P., Tishkina T. N., Khamza A.-I. A. A. Vliyanie genotipa golshtinskikh bykov na selektsionno-geneticheskie parametry priznakov teloslozheniya molochnykh korov [Influence of the genotype of Holstein bulls on the selection and genetic parameters of the traits of the physique of dairy cows] [e-resource] // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2017. No. 04 (40). Pp. 115–118. URL: [https://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/268/vestnik-2017-4\(40\).pdf](https://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/268/vestnik-2017-4(40).pdf) (date of reference: 28.03.2022). (In Russian.)
16. Batanov S. D., Amerkhanov Kh. A., Baranova I. A., Starostina O. S., Kertiev R. M. Molochnaya produktivnost' korov raznykh ekster'erno-konstitutsional'nykh tipov [Milk productivity of cows of different exterior-constitutional types] [e-resource] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2021. Iss. 2. URL: <http://elibrary.timacad.ru/dl/full/09-2021-2.pdf/download/09-2021-2.pdf> (date of reference: 28.03.2022). (In Russian.)
17. Abugaliyev S. K. Produktivnye i ekster'ernye pokazateli korov golshtinskoy porody, razvodimoy v TOO "SP Pervomayskiy" [Productive and exterior indicators of cows of the Holstein breed bred in LLP "SP Pervomayskiy"] // Zootechnics. 2017. No. 10. Pp. 2–5. (In Russian.)
18. Kosyachenko N. M., Konovalov A. V., Abramova M. V., Ilyina A. V. Populyatsionno-geneticheskie kharakteristiki yaroslavskoy porody krupnogo rogatogorskota v otsenke i modelirovanii selektsionnykh protsessov [Population-genetic characteristics of the Yaroslavl breed of cattle in the assessment and modeling of breeding processes] // Dairy and beef cattle farming. 2018. No. 8. Pp. 13–16. (In Russian.)
19. Tamarova R. V., Prodolzhitel'nost' khozyaystvennogo ispol'zovaniya i pozhiznennaya produktivnost' golshtinskikh korov selektsii Kanady v OAO plemzavod "Mikhaylovskoe" Yaroslavskoy oblasti [Duration of economic use and lifelong productivity of Holstein cows of Canadian breeding in JSC stud farm "Mikhailovskoye" of the Yaroslavl region] // Bulletin of the APK of the Upper Volga region. 2018. No. 3. Pp. 36–41. (In Russian.)
20. Ayalew W., Aliy M., Negussie E. Estimation of genetic parameters of the productive and reproductive traits in Ethiopian Holstein using multi-trait models // Asian Australasian Journal of Animal Sciences. 2017. No. 30 (11). Pp. 1550–1556. DOI: 10.5713/ajas.17.0198.
21. Bradford H., Masuda Y., VanRaden P. M., Legarra A., Misztal I. Modeling missing pedigree in single-step genomic BLUP // Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 102. Iss. 3. Pp. 2336–2346. DOI: 10.3168/jds.2018-15434.
22. Aguilar I., Fernandez E. N., Blasco A., Ravagnolo O., Legarra A. A. Effects of ignoring inbreeding in model-based accuracy for BLUP and SGBLUP/I. Aguilar // Journal of animal breeding and genetics. 2020. Vol. 137. Pp. 356–364. DOI: 10.1111/jbg.12470.
23. Semenova N. V. Otsenka nasleduemosti i geneticheskikh korrelyatsiy produktivnykh i tekhnologicheskikh priznakov molochnogo skota i ikh primenenie v prakticheskoy selektsii [Estimation of heritability and genetic correlations of productive and technological traits of dairy cattle and their application in practical breeding] // Achievements of science and technology of the AIC. 2015. No. 4. Pp. 44–46. (In Russian.)
24. Konte A. F., Ermilov A. N., Sermyagin A. A. Otsenka dinamiki geneticheskoy izmenchivosti dlya pokazateley tipa teloslozheniya korov-pervotelok golshtinizirovannoy cherno-pestroy porody Podmoskov'ya [Evaluation of the dynamics of genetic variability for indicators of the body type of first-time cows of the Holsteinized Black-and-White breed of the Moscow Region] // The Bulletin of KrasGAU. 2020. No. 8. Pp. 69–78. (In Russian.)
25. Konte A. F., Yanchukov I. N., Bychkunova N. G., Sermyagin A. A. Vzaimosvyazi priznakov i nedostatkov ekster'era korov cherno-pestroy porody Moskovskoy oblasti [Interrelationships of signs and disadvantages of the exterior of Black-and-White cows of the Moscow region] // Nauchnoe obespechenie razvitiya zhivotnovodstva v Rossiyskoy Federatsii: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu VIZh im. akademika L. K. Ernsta. Dubrovitsy, 2019. Pp. 249–253. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr F. Konte¹, candidate of agricultural sciences, scientific researcher of population genetics and animal breeding department, ORCID 0000-0003-4877-0883, AuthorID 849809; alexandrkonte@yandex.ru

Galina G. Karlikova¹, doctor of agricultural sciences, senior staff scientist of population genetics and animal breeding department, ORCID 0000-0002-9021-1404, AuthorID 667690; karlikovagalina@yandex.ru

¹ L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russia

Генетическая засухоустойчивость современных сортов овса посевного как ответ глобальному изменению климата

А. В. Любимова[✉], В. С. Мамаева¹, А. А. Менщикова¹

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

✉ E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Аннотация: Цель – оценить засухоустойчивость современных сортов овса посевного на начальном этапе онтогенеза лабораторным методом. **Методы.** Изучены следующие сорта овса: Фома, Отрада, Талисман, Маршал, Экспресс, Ассоль, Тигровый и Петрович. Относительную засухоустойчивость определяли методом имитирования засухи путем повышения осмотического давления разными концентрациями сахарозы: 1,4; 4,4; 7,4; 10,5 и 16,6 %. Это соответствовало осмотическому давлению 3, 6, 9, 12 и 18 атм. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Реакцию сортов на засуху определяли по всхожести семян и депрессии ростовых процессов. **Результаты.** Установлено, что сорта Талисман и Петрович характеризуются очень низкой устойчивостью к засухе – при осмотическом давлении в 3 атмосферы их всхожесть составила 29 и 52% соответственно. При дальнейшем повышении давления, отмечались только единичные прорастания с очень высокой степенью депрессии (более 80 %). Сорт овса Экспресс характеризовался максимальной устойчивостью к засухе. Его семена проросли при повышении осмотического давления до 12 атм (концентрация сахарозы достигала 10,5 %). В незначительной степени ему уступал сорт Фома, который пророс хуже, чем Экспресс, но имел среднюю степень депрессии ростовых процессов при осмотическом давлении от 3 до 12 атм. Остальные изучаемые сорта овса были средnezасухоустойчивыми как по всхожести, так и по депрессии. **Научная новизна.** Проведенный дисперсионный анализ показал, что относительная засухоустойчивость на 72 % зависит от концентрации сахарозы, что указывает на неэффективность оценки с использованием раствора одной концентрации. Доля влияния сорта на генетически обусловленную засухоустойчивость составляет 10,3 %. Это подтверждает гипотезу, что устойчивость к засухе определяется не только генетической наследственностью. В качестве родительских форм при селекции на засухоустойчивость рекомендуется использование сортов Фома и Экспресс.

Ключевые слова: гены засухоустойчивости, маркер-ориентированная селекция, осмотическое давление, депрессия ростовых процессов, селекция овса, Фома, Экспресс, Ассоль, раствор сахарозы, лабораторная всхожесть.

Для цитирования: Любимова А. В., Мамаева В. С., Менщикова А. А. Генетическая засухоустойчивость современных сортов овса посевного как ответ глобальному изменению климата // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 49–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59.

Дата поступления статьи: 25.04.2022, **дата рецензирования:** 07.05.2022, **дата принятия:** 20.05.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Условия Западной Сибири характеризуются практически ежегодными весенне-летними засухами – как жесткими, так и менее интенсивными [1, с. 16; 5, с. 12]. Повышение засухоустойчивости основных продовольственных культур при нарастающих изменениях климата на планете – одна из актуальнейших задач, стоящих перед учеными [2, с. 27].

Засухоустойчивыми называются растения, способные в процессе онтогенеза адаптироваться к перенесению хотя бы кратковременного водного де-

фицита и формировать в этих условиях сравнительно высокий урожай [3, с. 188]. На любой стресс-фактор растительный организм отвечает спектром защитно-приспособительных реакций, состоящих как из общих (неспецифических), так и из специфических процессов [4, с. 33]. Обычно растения характеризуют по высокой, средней, слабой устойчивости к конкретному типу абиотического стресса (засухе, жаре, засолению и другим), отражая количественную сторону таких различий [5, с. 21].

Современные исследования показали, что засухоустойчивость сортов – показатель, который зависит как от генетики [6, с. 55; 7, с.20], так и от различных внешних факторов (например, минеральные удобрения, температура и т. д.) [8]. Если в первом случае устойчивость к дефициту влаги в почве можно было регулировать только на стадии создания сорта, то внешние факторы, особенно уровень питания, можно регулировать достаточно успешно [9, с. 660].

Овес на генетическом уровне существенно уступает по засухоустойчивости пшенице. Однако благодаря тому, что он высевается чрезвычайно рано, ему удается «уйти» от засухи, которая проявляется в Западной Сибири преимущественно в конце мая – начале июня. Поэтому в регионах, где обычно не бывает засухи, овес дает хорошие урожаи [10, с. 131].

В основе создания современных сортов сельскохозяйственных культур лежит маркер-ориентированная селекция, которая базируется на знании наличия или отсутствия отдельных генов или их групп, отвечающих за определенный признак или качества. Для пополнения научной базы данных необходимо постоянно изучать реакцию растений на стресс-факторы. Это позволяет выделить сорта, имеющие, в частности, высокую засухоустойчивость на генетическом уровне, и в дальнейшем определить в них гены, отвечающие за данный показатель.

Для оценки относительной засухоустойчивости обычно используют метод проращивания семян в растворах с повышенным осмотическим давлением. Обычно для этого используют различные концентрации сахарозы, которые имитируют дефицит почвенной влаги [11; 12, с. 350; 13, с. 293]. Наиболее часто применяют какую-либо одну концентрацию сахарозы и по ней делают заключение об устойчивости сорта к дефициту влаги. Однако, по

нашему мнению, этот подход наименее эффективен, поскольку создаваемые сорта могут иметь определенную устойчивость к разному уровню осмотического давления. Лабораторный метод определения засухоустойчивости сортов имеет преимущества перед полевым, поскольку максимальная реакция проявляется именно при прорастании. В полевых условиях крайне трудно одновременно создать разные уровни увлажнения, также накладываются дополнительные факторы, например, температура, начальное поражение грибами или наличие водорастворимых солей в почве.

Поэтому была поставлена цель – оценить засухоустойчивость современных сортов овса посевного на начальном этапе онтогенеза лабораторным методом.

Методология и методы исследования (Methods)

Для лабораторной оценки засухоустойчивости были выбраны перспективные в селекционном отношении сорта овса посевного разного эколого-географического происхождения из генетической коллекции НИИСХ Северного Зауралья. Сорта тюменской селекции – Талисман, Отрада и Фома; дальневосточной – Маршал, Экспресс и Тигровый; из краснодарского селекционного центра были исследованы сорта Ассоль и Петрович (таблица 1).

Сорт Талисман. Среднеспелый, вегетационный период составляет 77–89 суток. Среднеустойчив к засухе. Масса 1000 семян варьирует от 32 до 38 г. Разновидность мутика. Растение среднерослое с относительно низкой полегаемостью. Средняя урожайность, по данным семеноводческих хозяйств, составляет 3,2 т/га. Максимальную урожайность 7,72 т/га получили на сортоиспытательном участке в Новосибирске в 2001 году. Содержание белка в зерне достигает 15,4 %. Натура – 550 г/л. Сорт сильно восприимчив к головне и корончатой ржавчине.

Таблица 1
Исследованные сорта овса посевного

№ п/п	Сорт	Разновидность	Учреждение-оригинатор	Происхождение
1	Талисман	<i>mutica</i>	НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН, Нарымская ГСС, Томская область	Flamingsnova × Метис
2	Отрада	<i>mutica</i>	НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН, Тюменская область	WW 170079 × Pc 39) × (Мутика 600 × Risto)
3	Фома	<i>mutica</i>		WW 170079 × Pc 39) × (Мутика 600 × Risto)
4	Экспресс	<i>mutica</i>		Марис Табард×86 Н178 (Патнем 61 × Сербо)
5	Маршал	<i>mutica</i>	ХФИЦ ДВО РАН – обособленное подразделение ДВ НИИСХ, НИИСХ ЦРНЗ, Хабаровский край	Экспресс × David
6	Тигровый	<i>cinerea</i>		Omichi × Selma
7	Ассоль	<i>mutica</i>	ООО «Агростандарт», Краснодарский край	Индивидуальный отбор из сорта Краснодарский 73
8	Петрович	<i>mutica</i>		Химический мутагенез с последующим индивидуальным отбором

Примечание. Растительный материал для исследований был предоставлен учреждениями-оригинаторами.

Table 1
Studied varieties of oats

No.	Variety	Botanical variety	Institution-originator	Origin
1	Talisman	mutica	Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – a branch of the Federal Research Center of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Tyumen region, Tyumen; Naryn State Breeding Station, Tomsk region	Flamingsnova × Metis
2	Otrada	mutica	Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – a branch of the Federal Research Center of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Tyumen region	WW 170079 × Pc 39) × (Mutika 600 × Risto)
3	Foma	mutica		WW 170079 × Pc 39) × (Mutika 600 × Risto)
4	Ekspress	mutica	Far Eastern Agricultural Research Institute; Research Institute of Agriculture of the Central Regions of the Non-Chernozem Zone, Khabarovsk region	Maris Tabard × 86 H178 (Patnem 61 × Serbo)
5	Marshal	mutica		Ekspress × David
6	Tigrovyy	cinerea		Omichi × Selma
7	Assol'	mutica	Agrostandart LLC, Krasnodar region, Krasnodar	Individual selection from variety Krasnodarskiy 73
8	Petrovich	mutica		Chemical mutagenesis followed by individual selection

Note. Plant material for research was provided by the Institution-originator.

Отрада – сорт, рекомендованный для возделывания в Тюменской области. Также относится к среднеспелой группе с длиной вегетационного периода от 66 до 85 суток. Относится к группе среднезасухоустойчивых сортов. Масса 1000 зерен достигает 41 г. Разновидность мутика. Высота растений варьирует от 77 до 112 см, но при этом сорт устойчив к полеганию. Зерно средней крупности, на высоких агрофонах может формировать крупные семена. Средняя урожайность – 3,1 т/га. В 2011 г. в Томской области был получен рекордный урожай 7,3 т/га. Содержание белка варьирует от 8,9 до 13,5 %. Натура зерна – 460–570 г/л. Сорт умеренно устойчив к пыльной головне и корончатой ржавчине.

Сорт Фома рекомендован для возделывания в Тюменской области. Относится к среднеспелым сортам с периодом вегетации 75–90 суток. Характеризуется средней устойчивостью к засухе. Разновидность мутика. Сорт формирует самые крупные семена с массой 1000 зерен до 43 г. Средняя урожайность по Тюменской области составила 3,6 т/га. Максимальный сбор был зарегистрирован в той же области в 2014 г. – 7,8 т/га. Содержание белка варьирует от 8,9 до 12,8 %. Натура зерна достигает 590 г/л. Сорт обладает очень высокой устойчивостью к полеганию на любых агрофонах. Фома умеренно устойчив к корончатой ржавчине и пыльной головне.

Экспресс создан из гибридных популяций иностранных сортов Великобритании, Швеции и США с последующим многократным отбором. Сорт обладает выдающимися показателями по продуктив-

ности и качеству зерна. Разновидность мутика. Относится к раннеспелым сортам с варьированием вегетационного периода от 76 до 83 суток. Устойчив к засухе. Сорт выровнен по высоте: 92–99 см. Масса 1000 зерен варьирует в диапазоне 31,0–34,5 г. По данным оригинатора, устойчив к полеганию, но на высоких агрофонах, как отмечают сортоучастки, склонен к полеганию. Средняя урожайность в Дальневосточном регионе составила 4,5 т/га с варьированием от 2,7 до 6,2 т/га в зависимости от погодных условий. Сорт проявляет относительно высокую устойчивость к пыльной головне.

Сорт Маршал рекомендован для возделывания в Хабаровском крае. Является результатом скрещивания иностранного сорта David с местным сортом Экспресс. Относится к высокоурожайным сортам. Разновидность мутика. Сорт среднеспелый с вегетационным периодом 78–90 суток. Растения высокорослые, на высоких агрофонах склонен к полеганию. Масса 1000 зерен сильно варьирует от 34 до 41 г при натуре зерна 415–490 г/л. Средняя урожайность в Дальневосточном регионе – 3,6 т/га. Максимальная урожайность была зафиксирована в 2018 г. в Приморском крае – 6,0 т/га. Содержание белка в зерне – в среднем 12 %. Отличается от многих сортов овса высоким содержанием масла – 4,5 %. Сильно восприимчив к корончатой ржавчине.

Сорт Тигровый был создан в Дальневосточном НИИСХ. В качестве родительских форм были использованы иностранные сорта. Относится к разновидности цинереа. Высота растений варьирует от 81 до 99 см в зависимости от условий увлажнения и минерального питания. Сорт Тигровый проявля-

ет высокую устойчивость к полеганию: по данным сортоиспытательных участков, 8–9 баллов. Масса 1000 зерен средняя – 33,0–36,7 г. Средняя урожайность составляет 5,05 т/га при варьировании от 3,3 до 6,6 т/га. В производстве нередко дает урожай до 5,5 т/га. На естественном агрофоне не поражается корончатой ржавчиной, при высоких дозах удобрений поражаемость средняя.

Ассоль – сорт, рекомендованный для возделывания в Центральной зоне Краснодарского края. Раннеспелый, с длиной вегетационного периода 75 суток. На высоких агрофонах может увеличить вегетацию до 93 суток. Устойчив к полеганию и засухе. Масса 1000 зерен сильно варьирует от 27 до 36 г. Относится к разновидности мутика. Устойчив к полеганию на естественном и среднем агрофоне. Высокие дозы удобрений приводят к частичному полеганию. Средняя урожайность в Северо-Кавказском регионе – 3,1 т/га. Максимальная урожайность 6,8 т/га была получена в 2017 г. в Краснодарском крае. Сорт зернофуражного направления с содержанием белка от 10,6 до 15,0 %. Устойчив к пыльной головне, но восприимчив к корончатой ржавчине.

Сорт Петрович – результат химического мутагенеза. Рекомендован для возделывания в Краснодарском крае. Разновидность мутика. Растение среднерослое. Сорт среднеранний с вегетационным периодом 74–87 суток. Устойчив к полеганию, но на высоких агрофонах соломина не выдерживает формирующегося урожая. Сорт не является засухоустойчивым. Масса 1000 зерен средняя – 27–35 г. Средняя урожайность по Северо-Кавказскому региону составляет 3,1 т/га. Максимальный сбор зерна с 1 га был в 2017 г. на полях Краснодарского края – 6,6 т/га. Содержание белка в зерне не превышает 12 %. Сорт умеренно устойчив к корончатой ржавчине.

В качестве рабочей гипотезы было выдвинуто предположение, что сорта создавались из расчета почвенно-климатических условий региона, а следовательно, краснодарские сорта должны обладать максимальной засухоустойчивостью, а дальневосточные по этому показателю должны существенно отличаться.

Оценку засухоустойчивости проводили по методике Н. Н. Кожушко [14, с. 20]. Опыт был заложен в трехкратном повторении. В каждую чашку Петри на фильтровальную бумагу закладывали по 30 зерен изучаемых сортов овса. В опытные чашки добавляли растворы сахарозы с концентрацией 1,4; 4,4; 7,4; 10,5 и 16,6 %, что соответствовало осмотическому давлению в 3; 6; 9; 12 и 18 атм. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Чашки Петри с зерном помещали в термостат с температурой 20 °С на 7 суток. Засухоустойчивость определяли по следующей формуле:

$$P = \frac{a}{b} \times 100\%, \quad (1)$$

где P – прорастание семян, %;

a – количество проросших зерен в растворе сахарозы;

b – число семян, проросших в дистиллированной воде.

Чем выше был процент прорастания семян в растворе сахарозы, тем более засухоустойчивым считается сорт. В опыте также определяли степень снижения ростовых процессов по формуле:

$$Z = 100 - \frac{y}{x} \times 100\%, \quad (2)$$

где Z – степень снижения (депрессия) ростовых процессов, %;

y – сухая масса проростков (корни и росток) на вариантах с различной концентрацией сахарозы, г.;

x – сухая масса проростков на контроле, г.

Депрессия показывает степень угнетения прорастания при различном осмотическом давлении. Более засухоустойчивые сорта характеризуются меньшим проявлением депрессии при повышенной концентрации сахарозы. Это также является косвенным доказательством генетической устойчивости сортов к дефициту влаги.

Полученные результаты подвергались статистическому, дисперсионному и корреляционному анализу с помощью Microsoft Excel. Также проводили расчет показателя силы влияния реакции сортов на уровень осмотического давления, соответствующего различной степени увлажнения почвы при посеве зерновых культур.

Результаты (Results)

Изначально Тюменская селекция овса основывалась на сортах, созданных в европейской части России и за рубежом. В дальнейшем при гибридизации использовали родительские формы со всей территории Советского Союза. Это дало возможность создать современные сорта, обладающие на генетическом уровне различными свойствами. В ходе селекционного процесса оценка засухоустойчивости не являлась приоритетной, поскольку сорта создавались преимущественно для природных зон с достаточным увлажнением – подтаежной и лесостепной. Однако современные рыночные и геополитические условия требуют расширения зоны возделывания овса. Также нужно учитывать и процесс глобального потепления, который постепенно ведет к аридизации традиционных зон возделывания овса. Поэтому необходимо уже сейчас вести исследования для подготовки базы данных по засухоустойчивости сортов и использовать их в дальнейшем для маркер-ориентированной селекции овса.

Как показали лабораторные исследования, овес тюменской селекции по-разному отзывался на различные концентрации сахарозы. Минимальная концентрация сахарозы в воде (1,4 %) оказала сильнейшее угнетение на сорт Талисман. Прорастание семян составило 29 % от количества взошедших на контроле (рис. 1). Степень угнетения (Z), учитывающая массу проростков, составила 70 %, что

указывает на практически полное отсутствие засухоустойчивости у сорта Талисман на генетическом уровне. Последующее повышение осмотического давления привело дальнейшему угнетению ростовых процессов вплоть до полной потери всхожести.

Корреляционный анализ показал сильную отрицательную связь ($r = -0,84$) между прорастанием и величиной осмотического давления. Данный факт указывает на то, что сорт овса Талисман необходимо сеять в максимально ранние сроки, когда слой почвы 0–10 см еще достаточно увлажнен. Установленный факт отсутствия генетической засухоустойчивости у Талисмана делает его перспективным для использования в качестве контрольного сорта, в котором отсутствуют гены, отвечающие за это свойство.

Сорта Фома и Отрада являются сибсами, то есть получены из одной гибридной популяции, но незначительно отличаются друг от друга на генетическом уровне [15, с. 203; 16, с. 137]. Поэтому можно было предположить и схожую реакцию на дефицит влаги в период прорастания.

Прорастание при минимальном осмотическом давлении, которое было обусловлено концентрацией сахарозы в растворе 1,4 %, у сортов Фома и Отрада было на уровне 85 и 88 % соответственно. Повышение концентрации сахарозы до 4,4 % (6,0 атм) привело к снижению всхожести до 23 и 20 %. Однако были выявлены сортовые различия по степени снижения ростовых процессов: у Фомы она составила 37 %, тогда как у Отрады – 81 %, что указывало на очень сильное угнетение. Дальнейшее повышение концентрации сахарозы остановило процесс прорастания семян Отрады. Сорт Фома имел всхожесть в 21 % при депрессии ростовых процессов 43 %. Это указывает на то, что сорт Фома обладает наследственной средней засухоустойчивостью и может возделываться в районах, где проявляются умеренные весенне-летние засухи. Сорт Отрада обладает меньшей засухоустойчивостью по отношению к Фоме. Корреляционный анализ показал сильную отрицательную связь ($r = -0,77...-0,89$) между прорастанием и величиной осмотического давления.

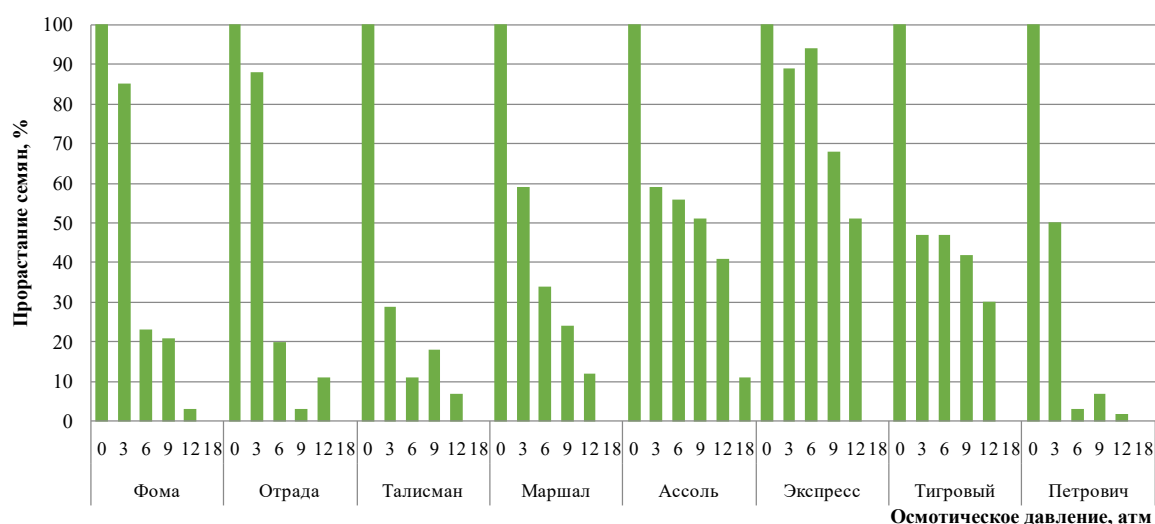


Рис. 1. Прорастание семян овса посевного при разном уровне осмотического давления, %

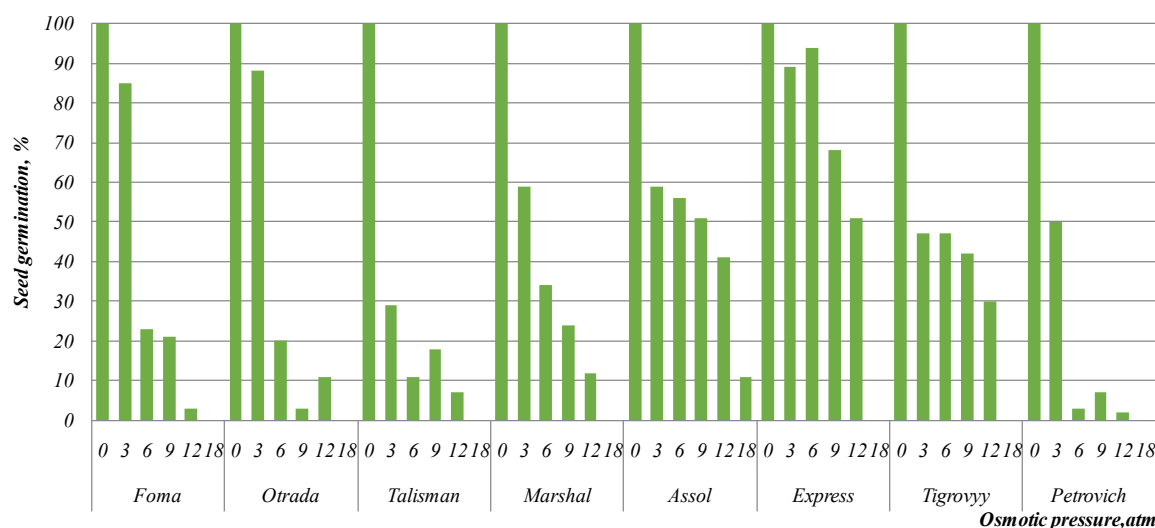


Fig. 1. Germination of oat seeds at different levels of osmotic pressure, %

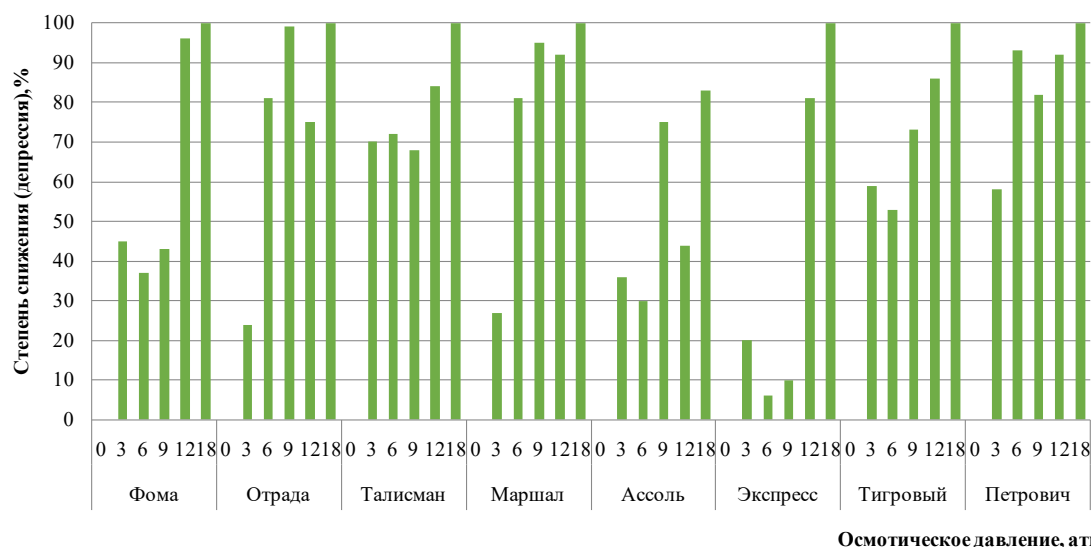


Рис. 2. Степень снижения ростовых процессов (Z) сортов овса посевного при разном осмотическом давлении, %

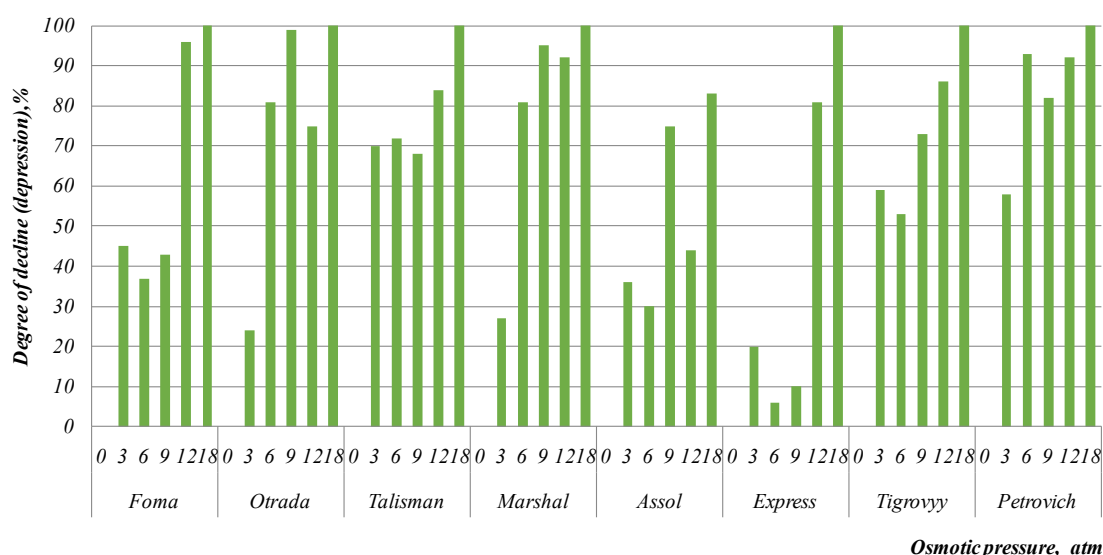


Fig. 2. The degree of reduction in growth processes (Z) of oat varieties at different osmotic pressure, %

Использование сортов Отрада и Фома в различных гибридных комбинациях дает максимальную вероятность выделения гена или их блоков, отвечающих за устойчивость растений к дефициту почвенной влаги. Сравнительный генетический анализ этих сортов также может помочь установить характер наследования засухоустойчивости.

Для сортов овса посевного дальневосточной селекции генетически обусловленная засухоустойчивость не является приоритетным показателем, поскольку регион их возделывания характеризуется достаточной увлажненностью [17, с. 44]. Однако, как показали лабораторные испытания, сорт Экспресс имеет довольно высокую засухоустойчивость. При концентрации сахарозы 1,4 % (3 атм) прорастание составило 89 %, а при более высокой концентрации (3 %) проявился эффект стимулирования ростовых процессов – 94 % при депрессии (рис. 2). Еще более высокая концентрация сахаро-

зы (7,4 %), что соответствовало 9 атм осмотического давления, уменьшила всхожесть до 68 % при степени снижения ростовых процессов на 10 %. Дальнейшее повышение осмотического давления (12 атм) незначительно уменьшило всхожесть до 51 %, но с очень сильным угнетением развивающихся проростков: уровень депрессии Z составил 81 %. Среди изучаемых сортов Экспресс характеризовался очень высокой степенью засухоустойчивости и может быть рекомендован как перспективная родительская форма при создании засухоустойчивых сортов овса посевного. Как показал анализ родословной Экспресса, его родительские формы не пересекаются с сортами тюменской селекции, следовательно, при использовании его в гибридизации с ними появляется возможность выделения гена засухоустойчивости и создания новых сортов, обладающих высокой устойчивостью к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям Сибири.

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показателя «прорастание семян» овса посевного

Источник вариации	Сумма квадратов	Степеней свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$	Влияние %
Фактор А (сорт)	1590	7	227	23,2	2,1	10,3
Фактор В (концентрация сахарозы)	11197	5	2239	229,2	2,3	72,2
Взаимодействие АВ	1786	35	51	5,2	1,6	11,5
Ошибка средней – 1,8. Точность опыта – 16 %. Ошибка разности – 2,5. Критерий Стьюдента – 2,0. Наименьшая существенная разница – 5,1.						

Table 2

The results of a two-way ANOVA analysis of the seed germination indicator of oats

Source of variation	Sum of squares	Degrees of freedom	Dispersion	$F_{\text{fact.}}$	$F_{\text{teor.}}$	Effect, %
Factor A (variety)	1590	7	227	23.2	2.1	10.3
Factor B (sucrose concentration)	11197	5	2239	229.2	2.3	72.2
AB interaction	1786	35	51	5.2	1.6	11.5
Error of mean – 1.8. Experience accuracy – 16 %. Error of difference – 2.5. Student criterion – 2.0. Least significant difference – 5.1.						

Маршал – сорт, родителем которого является Экспресс, однако он не имеет столь выдающихся показателей засухоустойчивости. На минимальной концентрации сахарозы (1,4 %) прорастание зерна составило 59 % при 27 % депрессии ростовых процессов. Повышение осмотического давления до 6 атм привело к уменьшению всхожести до 34 % при снижении массы проростков до 81 % относительно контроля. Концентрация сахарозы в 7,4 и 10,5 % уменьшила количество проросших семян до 24 и 12 % соответственно. Однако проростки были минимальными – депрессия достигла 92–95 %. Поэтому однозначно утверждать о наличии генетической засухоустойчивости у сорта Маршал нельзя.

Сорт Тигровый создан Дальневосточным НИ-ИСХ и характеризуется как средне засухоустойчивый [18, с. 45]. Наши исследования показали, что среди трех сортов дальневосточной селекции он обладает минимальной устойчивостью к засухе в момент прорастания. При осмотическом давлении от 3 до 9 атм сорт Тигровый достоверно снижал всхожесть до 42–47 %. Степень угнетения прорастания составила 59–73 %. При концентрации 10,5 % сахарозы прорастание семян составило 30 % от контроля при значении $Z = 86$ %. Совокупность этих показателей указывает на то, что сорт Тигровый относится к категории слабоустойчивых к засухе. ходе расчетов также была установлена сильная отрицательная связь между осмотическим давлением и прорастанием зерна – $r = -0,9...-0,95$.

Сорта овса посевного краснодарской селекции должны обладать относительно высокой устойчивостью к засушливым условиям, поскольку их ареал возделывания подразумевает регионы с дефицитом летних осадков и частое проявление весенне-летних засух. Были изучены два сорта: Ассоль и

Петрович. Они существенно отличаются от других сортов по способу их создания. Сорт Ассоль выведен путем индивидуального отбора из сорта Краснодарский-73, который относится к группе засухоустойчивых сортов. Петрович – результат химического мутагенеза с последующим индивидуальным отбором. При таком методе селекции возможны проявления новых свойств, не имеющих у родительской формы.

Лабораторные исследования показали, что сорт Ассоль имеет довольно сильную негативную реакцию на дефицит увлажнения при прорастании. Нужно отметить стабильность понижения всхожести в широком диапазоне концентраций сахарозы. Так, при осмотическом давлении от 3 до 9 атмосфер прорастание семян овса варьировало от 41 до 51 % от контроля. Но допустимая степень снижения ростовых процессов отмечалась только при концентрации сахарозы от 1,4 до 4,4 %. Среди изучаемых сортов только сорт Ассоль смог прорасти при максимальном осмотическом давлении (18 атм), всхожесть была низкой (11 %) при сильном угнетении ростовых процессов ($Z = 83$ %). Ни один сорт при такой концентрации не дал видимых проростков. Поэтому Ассоль можно также рекомендовать для дальнейшего индивидуального отбора при создании новых сортов овса и выявления генов, отвечающих за устойчивость их к дефициту влаги.

Сорт Петрович характеризовался очень низкой устойчивостью к засушливым условиям. При концентрации сахарозы 1,4 %, что соответствовало 3 атм осмотического давления, процент прорастания оказался в два раза ниже контроля. Дальнейшее повышение концентрации сахарозы привело к очень сильному угнетению прорастающих зерен: всхожесть была в диапазоне 2–7 % при очень высокой

степени депрессии ростовых процессов (82–93 %). На основании полученных данных сорт Петрович можно отнести только к группе слабозасухоустойчивых сортов.

Дисперсионный анализ показал наличие статистически значимых различий ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$) в степени прорастания зерна по факторам: сорт (А); концентрация сахарозы (В) и взаимодействие этих факторов (АВ). Осмотическое давление, создаваемое разным количеством сахарозы, в большей степени повлияло на прорастание зерна овса: показатель силы влияния составил 72,2 % (таблица 2). Роль сорта составила 10,3 %. Сила взаимодействия (АВ) оказалась достоверной и составила 11,5 %.

Было установлено, что в лабораторном опыте ошибка средней и разности составили 1,8 и 2,5 % соответственно при точности опыта 16 %. Наименьшая существенная разница была равна 5,1 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе проведенных исследований было установлено, что сорт Талисман не обладает генетической устойчивостью к засухе. Минимальное повышение осмотического давления (3 атм) уменьшает прорастание до 29 % при очень высокой степени депрессии ростовых процессов ($Z = 70$ %). Фома и Отрада относятся к среднеустойчивым к засухе сортам. Резкое снижение всхожести начинается с 6 атм осмотического давления. Максимальной отно-

сительной засухоустойчивостью характеризовался сорт Экспресс дальневосточной селекции, всхожесть которого при повышении концентрации сахарозы от 1,4 до 10,5 % снижалась с 94 до 51 %. Ни один из изучаемых сортов не имел столь высокой устойчивости к засушливым условиям. При этом сорт овса Маршал, созданный с участием сорта Экспресс, обладает низкой засухоустойчивостью. Сорта краснодарской селекции обладают средней степенью засухоустойчивости на уровне остальных изучаемых сортов. В качестве родительской формы при селекции засухоустойчивых сортов овса можно рекомендовать следующие сорта: Фома, Экспресс и Ассоль.

Сорта Талисман и Петрович являются перспективными родительскими формами при изучении генов устойчивости к засушливым условиям, поскольку они характеризуются очень низкой степенью засухоустойчивости. Сравнительный генетический анализ сортов сибсов Фома и Талисман с большой долей вероятности позволит установить гены засухоустойчивости, по которым они достоверно различаются.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по госзаданию № 122011300103-0 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Библиографический список

1. Иваненко А. С., Кулясова О. А. Агроклиматические условия Тюменской области. Тюмень: Изд-во ТГСХА, 2008. 206 с.
2. Любимова А. В., Иваненко А. С. Овес в Тюменской области. Тюмень: НИИСХ СЗ – филиал ТюмНЦ СО РАН, 2021. 172 с.
3. Кадралиев Д. С., Щебарскова З. С., Кипаева Е. Г., Исаев К. В. Оценка коллекционных образцов ярового овса в условиях орошения аридной зоны // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 11. С. 184–189. DOI: 10.5281/zenodo.1488143.
4. Еремин Д. И., Моисеева М. Н. Проблемы выращивания овса на высоком агрофоне на полях Западной Сибири // Эпоха науки. 2021. № 25. С. 30–34. DOI: 10.24412/2409-3203-2021-25-30-34.
5. Zartash F., Mukhtar A., Mubshar H. et al. The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options [e-resource] // Scientific Reports. 2020. No. 10. Article number 18013. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-74740-3> (date of reference: 20.04.2022). DOI: 10.1038/s41598-020-74740-3
6. Lakhneko O. R., Stepanenko A. I., Morgun B. V., Kuzminskiy Ye. V. Polymorphism of SOME transcription factor genes related to drought tolerance in wheat // Biotechnologia Acta. 2018. Vol. 11. No. 2. Pp. 47–56. DOI: 10.15407/biotech11.02.047.
7. Абугалиева А. И., Лоскутов И. Г., Савин Т. В., Чудинов В. А. Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 9–21. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-9-21.
8. Eremin D. I., Moiseeva M. N., Lyubimova A. V. The impact of mineral fertilizers on the consumption of mineral elements and the Siberian-bred oat grain [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2022. No. 949. Article number 012066. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012066> (date of reference: 20.04.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012066.
9. Loskutov I. G., Gnutikov A. A., Blinova E. V., Rodionov A. V. The Origin and Resource Potential of Wild and Cultivated Species of the Genus of Oats (*Avena* L.) // Russian Journal of Genetics. 2021. Vol. 57. No. 6. Pp. 642–661. DOI: 10.1134/S1022795421060065.

10. Пакуль В. Н., Козыренко М. А., Андросов Д. Е. Оценка засухоустойчивости сортов ярового овса в условиях лесостепи Западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9-3 (51). С. 129–132. DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.093.
11. Gong W., Ju Z., Chai J., Zhou X., Lin D., Su W., Zhao G.. Physiological and Transcription Analyses Reveal the Regulatory Mechanism in Oat (*Avena sativa*) Seedlings with Different Drought Resistance under PEG-Induced Drought Stress [e-resource] // Agronomy. 2022. No. 12 (5). Article number 1005. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/5/1005> (date of reference: 21.04.2022). DOI: 10.3390/agronomy12051005.
12. Парфенова Е. С., Шамова М. Г., Набатова Н. А., Псарева Е. А. Оценка относительной засухоустойчивости сортов озимой ржи способом проращивания на растворе сахарозы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 11-2. С. 347–351.
13. Будько А. С., Войтова В. Н. Оценка селекционных образцов озимой пшеницы на засухоустойчивость // Земледелие и селекция в Беларуси. 2021. № 57. С. 288–295.
14. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. Ленинград: ВИР, 1988.
15. Fomina M. N., Tobolova G. V., Lyubimova A. V. New Generation Varieties of Spring Oats Selected for Areas with the Climate as in Ural, Siberia and the Far East of Russia // International scientific and practical conference “AgroSMART – Smart solutions for agriculture” (AgroSMART 2018). Series: Advances in Engineering Research. Tyumen, 2018. Pp. 201–205. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.39.
16. Фомина М. Н. Создание сортов зернофуражных культур адаптированных к условиям Зауралья и Сибири // Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири ОСП – 2019: материалы международной научной конференции, проведенной в рамках 46-го заседания Объединенного научного и проблемного совета по растениеводству, селекции, биотехнологии и семеноводству ОУС СО РАН по сельскохозяйственным наукам и, посвященной 90-летию академика РАН Гончарова П. Л., Красноярск, 2019. С. 134–139.
17. Асеева Т. А., Трифунтова И. Б., Зенкина К. В. Сравнительная оценка продуктивности зерновых культур в гидротермических условиях среднего Приамурья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 42–46. DOI 10.21515/1999-1703-72-42-46.
18. Трифунтова И. Б., Зенкина К. В., Асеева Т. А. Основные результаты и задачи селекции ярового овса на Дальнем Востоке // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 6. С. 43–47. DOI 10.24411/0235-2451-2020-10608.

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

Виктория Сергеевна Мамаева¹, стажер-исследователь лаборатории геномных исследований в растениеводстве, ORCID 0000-0002-3606-8387, AuthorID 1146003; +7 982 131-66-05, mamaeva.vs.b23@ati.gausz.ru

Анастасия Александровна Менщикова¹, стажер-исследователь лаборатории геномных исследований в растениеводстве, ORCID 0000-0001-5613-0961, AuthorID 1144902; +7 982 948-17-93, menshchikova.aa.b23@ati.gausz.ru

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

Genetic drought resistance of modern oat varieties as a response to global climate change

A. V. Lyubimova¹✉, V. S. Mamaeva¹, A. A. Menshchikova¹

¹Tyumen Research Centre – Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

✉E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Abstract. Purpose. To assess the drought resistance of modern varieties of oats at the initial stage of ontogenesis by laboratory method. **Methods.** The following varieties of oats have been studied: Foma, Otrada, Talisman, Marshal, Ekspress, Assol', Tigrovyy and Petrovich. Relative drought resistance was determined by simulating drought

by increasing the osmotic pressure with different concentrations of sucrose: 1.4; 4.4; 7.4; 10.5 and 16.6 %. This corresponded to osmotic pressures of 3, 6, 9, 12, and 18 atm. Distilled water was used as a control. The response of varieties to drought was determined by seed germination and depression of growth processes. **Results.** It was found that the varieties Talisman and Petrovich are characterized by very low resistance to drought – at an osmotic pressure of 3 atm, their germination was 29 and 52 %, respectively. With a further increase in pressure, only single germinations with a very high degree of depression (more than 80 %) were noted. Oat variety Ekspress was characterized by maximum resistance to drought. Its seeds germinated when the osmotic pressure increased to 12 atm (sucrose concentration reached 10.5 %). To a small extent, the Foma variety was inferior to it, which germinated worse than Ekspress, but had an average degree of depression of growth processes at an osmotic pressure of 3 to 12 atm. The rest of the studied oat varieties were moderately drought-resistant both in terms of germination and depression. **Scientific novelty.** The conducted analysis of variance showed that the relative drought resistance by 72 % depends on the concentration of sucrose, which indicates the inefficiency of the assessment by one concentration. The share of influence of a variety on genetically determined drought resistance is 10.3 %. This confirms the hypothesis that drought resistance is determined not only by genetic inheritance. It is recommended to use varieties Foma and Ekspress as parental forms in breeding for drought resistance.

Keywords: drought resistance genes, marker-oriented selection, osmotic pressure, depression of growth processes, oat breeding, Foma, Ekspress, Assol', sucrose solution, laboratory germination.

For citation: Lyubimova A. V., Mamaeva V. S., Menshchikova A. A. Geneticheskaya zasukhoustoychivost' sovremennykh sortov ovsa posevnogo kak otvet global'nomu izmeneniyu klimata [Genetic drought resistance of modern oat varieties as a response to global climate change] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 49–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59. (In Russian.)

Date of paper submission: 25.04.2022, **date of review:** 07.05.2022, **date of acceptance:** 20.05.2022.

References

1. Ivanenko A. S., Kulyasova O. A. Agroklimaticheskiye usloviya Tyumenskoy oblasti [Agro-climatic conditions of the Tyumen region]. Tyumen: Izd-vo TGSKhA, 2008. 206 p. (In Russian.)
2. Lyubimova A. V., Ivanenko A. S. Ovës v Tyumenskoy oblasti [Oats in the Tyumen region]. Tyumen: NIISKH SZ – filial TyumNTs SO RAN, 2021. 172 p. (In Russian.)
3. Kadraliyev D. S., Shchebarskova Z. S., Kipayeva E. G., Isayev K. V. Otsenka kollektsionnykh obraztsov yarovogo ovsa v usloviyakh orosheniya aridnoy zony [The study specimens of spring oats in the conditions of the arid zone] // Bulletin of Science and Practice. 2018. Vol. 4. No. 11. Pp. 184–189. DOI: 10.5281/zenodo.1488143. (In Russian.)
4. Eremin D. I., Moiseeva M. N. Problemy vyrashchivaniya ovsa na vysokom agrofone na polyakh Zapadnoy Sibiri [The problems of growing oats on high agricultural background in the fields of Western Siberia] // Era of science. 2021. No. 25. Pp. 30–34. DOI: 10.24412/2409-3203-2021-25-30-34. (In Russian.)
5. Zartash F., Mukhtar A., Mubshar H. et al. The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options [e-resource] // Scientific Reports. 2020. No. 10. Article number 18013. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-74740-3> (date of reference: 20.04.2022). DOI: 10.1038/s41598-020-74740-3
6. Lakhneko O. R., Stepanenko A. I., Morgun B. V., Kuzminskiy Ye. V. Polymorphism of SOME transcription factor genes related to drought tolerance in wheat // Biotechnologia Acta. 2018. Vol. 11. No. 2. Pp. 47–56. DOI: 10.15407/biotech11.02.047.
7. Abugaliyeva A. I., Loskutov I. G., Savin T. V., Chudinov V. A. Izucheniye golozernogo ovsa iz kollektsii VIR na kachestvennyye pokazateli v usloviyakh Kazakhstana [Evaluation of naked oat accessions from the vir collection for their qualitative characteristics in Kazakhstan] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021. Vol. 182. No. 1. Pp. 9–21. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-9-21. (In Russian.)
8. Eremin D. I., Moiseeva M. N., Lyubimova A. V. The impact of mineral fertilizers on the consumption of mineral elements and the Siberian-bred oat grain [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2022. No. 949. Article number 012066. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012066> (date of reference: 20.04.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012066.
9. Loskutov I. G., Gnutikov A. A., Blinova E. V., Rodionov A. V. The Origin and Resource Potential of Wild and Cultivated Species of the Genus of Oats (Avena L.) // Russian Journal of Genetics. 2021. Vol. 57. No. 6. Pp. 642–661. DOI: 10.1134/S1022795421060065.
10. Pakul' V. N., Kozыrenko M. A., Androsov D. E. Otsenka zasukhoustoychivosti sortov yarovogo ovsa v usloviyakh lesostepi Zapadnoy Sibiri [Assessment of drought resistance of grades of summer oats in the conditions

of the forest-steppe of Western Siberia] // International research journal. 2016. No. 9-3 (51). Pp. 129–132. DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.093. (In Russian.)

11. Gong W., Ju Z., Chai J., Zhou X., Lin D., Su W., Zhao G.. Physiological and Transcription Analyses Reveal the Regulatory Mechanism in Oat (*Avena sativa*) Seedlings with Different Drought Resistance under PEG-Induced Drought Stress [e-resource] // Agronomy. 2022. No. 12 (5). Article number 1005. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/5/1005> (date of reference: 21.04.2022). DOI: 10.3390/agronomy12051005.

12. Parfenova E. S., Shamova M. G., Nabatova N. A., Psareva E. A. Otsenka otnositel'noy zasukhoustoychivosti sortov ozimoy rzhi sposobom prorashchivaniya na rastvore sakharozy [Assessment of the relative drought resistance of varieties of winter rye, method of germination on sucrose] // International Journal of Applied and Basic Research. 2018. No. 11-2. Pp. 347–351. (In Russian.)

13. Bud'ko A. S., Voytova V. N. Otsenka selektsionnykh obraztsov ozimoy pshenitsy na zasukhoustoychivost' [Evaluation of winter wheat breeding varieties for drought resistance] // Farming and breeding in Belarus. 2021. No. 57. Pp. 288–295. (In Russian.)

14. Kozhushko N. N. Otsenka zasukhoustoychivosti polevykh kul'tur. Diagnostika ustoychivosti rasteniy k stress-ovym vozdeystviyam: metodicheskoe rukovodstvo [Evaluation of drought resistance of field crops. Diagnosis of plant resistance to stress: a methodological guide]. Leningrad: VIR, 1988. (In Russian.)

15. Fomina M. N., Tobolova G. V., Lyubimova A. V. New Generation Varieties of Spring Oats Selected for Areas with the Climate as in Ural, Siberia and the Far East of Russia // International scientific and practical conference “AgroSMART – Smart solutions for agriculture” (AgroSMART 2018). Series: Advances in Engineering Research. Tyumen, 2018. Pp. 201–205. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.39.

16. Fomina M. N. Sozdaniye sortov zernofurazhnykh kul'tur adaptirovannykh k usloviyam Zaural'ya i Sibiri [creation of grain forage crops varieties adapted to the conditions of the trans-Ural and Siberia] // Selection process optimization as a factor of stabilization and growth of crop production in Siberia OSP – 2019: materials of the international scientific conference held as part of the 46th meeting of the Joint Scientific and Problem Council for Plant Growing, Breeding, Biotechnology and Seed Production of the OUS SB RAS in Agricultural Sciences and dedicated to 90 anniversary of Academician RAS Goncharov P. L., Krasnoyarsk, 2019. Pp. 134–139. (In Russian.)

17. Aseeva T. A., Trifuntova I. B., Zenkina K. V. Sravnitel'naya otsenka produktivnosti zernovykh kul'tur v gidrotermicheskikh usloviyakh srednego Priamur'ya [Comparative evaluation of cereals productivity in hydrothermal conditions of the middle Priamurye] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 72. Pp. 42–46. DOI: 10.21515/1999-1703-72-42-46. (In Russian.)

18. Trifuntova I. B., Zenkina K. V., Aseeva T. A. Osnovnyye rezul'taty i zadachi selektsii yarovogo ovsa na Dal'nem Vostoke [The main results and tasks of spring oats breeding in the Far East] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. Vol. 34. No. 6. Pp. 43–47. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10608. (In Russian.)

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
 Viktoriya S. Mamaeva¹, trainee researcher of the laboratory for genomic research in crop production, ORCID 0000-0002-3606-8387, AuthorID 1146003; +7 982 131-66-05, mamaeva.vs.b23@ati.gausz.ru
 Anastasiya A. Menshchikova¹, trainee researcher of the laboratory for genomic research in crop production, ORCID 0000-0001-5613-0961, AuthorID 1144902; +7 982 948-17-93, menschikova.aa.b23@ati.gausz.ru
¹Tyumen Research Centre – Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

Productive qualities and their interrelation in Holstein cows of black-and-white breed

M. B. Rebezov¹, O. V. Gorelik^{1✉}, S. Yu. Kharlap¹, A. S. Gorelik², A. M. Nusupov³

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

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

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

✉E-mail: olgao205en@yandex.ru

Abstract. Purpose. Evaluation of Holstein cows according to economically useful characteristics and the establishment of indicators of the relationship between productive characteristics. **Methods.** Milk productivity was assessed by the method of control milking, milk quality indicators – by the instrument method on the Lactan-1M device, reproductive qualities – by conventional methods. We used the data of zootechnical and veterinary records of the IAS “SELEX-Dairy cattle” database, breeding cards of cows. **Results.** The highest indicator for milk productivity was established for full-age lactation. It was higher than the average by 1611 kg or 23.3 % ($P \leq 0.01$) and by 1141 kg or 15.4 % than the maximum lactation ($P \leq 0.01$). The duration of productive use of cows on the farm is 1.85 ± 0.07 lactation or 2.39 ± 0.07 calving, but the duration of use of individual animals is 9 lactation. MJ and MDB in milk, depending on the studied indicator, differ slightly and unreliably, but there is a tendency to increase these indicators for full-age lactation. Large coefficients of variability were determined by milk yield, and for lifetime milk yield it is more than 65.0 %, while for individual estimated lactation, the average, maximum and full-age coefficient of variability did not exceed 22.5 %. According to MJ and MDB in milk, the breeding stock is more equalized. Milk yield in cows increases up to 4 lactation, the largest increase in milk yield for 305 days of lactation was recorded in the second lactation – 937 kg or 14.5 %. Then the increase is 79–363 kg. Starting from the 5th lactation, there is a gradual decrease in milk yield for 305 days of lactation. There is no positive average and high correlation between milk yield and milk quality indicators, except for some data (6 lactation) and therefore they cannot be used when carrying out measures to improve the herd. Selection and selection for each indicator must be carried out separately. **The scientific novelty** of the work lies in the fact that new data have been obtained on the dairy productivity of modern Holstein black-and-white cattle with a high proportion of blood in the Holstein breed. The correlation coefficients between productive traits in cows with a share of blood in the Holstein breed over 94.0 % were calculated. **Keywords:** Holstein black-and-white cattle, cows, milk yield, service period, correlation coefficient.

For citation: Rebezov M. B., Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Gorelik A. S., Nusupov A. M. Productive qualities and their interrelation in Holstein cows of black-and-white breed // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 60–67. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-60-67. (In Russian.)

Date of paper submission: 21.01.2022, **date of review:** 10.02.2022, **date of acceptance:** 04.03.2022.

Introduction

Ensuring the food security of the country is the most important task that must be solved by the workers of the agro-industrial complex of the country. This is due to the provision of the country's population with high-grade food [1, p. 12; 2, p. 78; 3, p. 21; 4, p. 10; 5, p. 2; 6, p. 4]. An increase in the production of agricultural products of own production, including livestock, is possible through the use of highly productive plant varieties and breeds of farm animals. In all this, great importance is attached to the development of dairy cattle breeding, as an industry from which are obtained valuable products such as milk and beef [7, p. 4;

8; 9, p. 9; 10, p. 50]. For this, there used highly productive dairy cattle with a high potential for milk productivity of both domestic and foreign breeds, such as the domestic black-and-white breed and Holstein [11, p. 37; 12, p. 560; 13, p. 133]. In the last few decades, Black-and-White cattle have been improved by using the worldwide Holstein gene pool, which has led to the creation of a large array of crossbred animals with high bloodlines for the Holstein breed. In most herds of black-and-white cattle, it reaches more than 94 %, which indicates that these animals, in terms of breed, are already purebred Holstein animals [14; 15, p. 317; 16]. Breeding within these herds is carried out with

the continued use of purebred Holstein sires of domestic and foreign selection [17, p. 589; 18]. At present, a large number of highly productive Holstein black-and-white dairy cattle with a high proportion of bloodlines according to the Holstein breed is concentrated in the Sverdlovsk region [19, p. 294; 20, p. 512]. Evaluation of modern breeding stock for economically useful qualities is of scientific and practical interest, and is relevant.

The aim of the work was to evaluate Holsteinized cows according to economically useful traits and to establish indicators of the relationship between productive traits.

Methods

The research was carried out on the basis of one of the breeding plants for breeding Holstein black-and-white cattle of the Ural type in the Sverdlovsk region. We used data from the zootechnical and veterinary records of the database of the information and analytical system (IAS) "SELEKS-Dairy Cattle" for 2020. The sample included all cows that completed lactation. There were taken into account the milk yield for 305 days of lactation, mass fraction of fat (MFF) and mass fraction of protein (MFP) in milk by lactation, starting from the first to the last completed lactation. Calculated the coefficient of milk production, the amount of milk fat and milk protein for 305 days of lactation; the influence of the duration of the service period on the milk productivity of cows was evaluated. The milk productivity of cows was determined by control milkings once a month. The reproductive functions of cows were evaluated by the duration of the service and the intercalving period, there was taken into account the duration of lactation, and the coefficient of the reproductive ability of cows was calculated depending on lactation. Correlation coefficients were calculated between indicators of milk productivity depending on lactation, economically useful traits, taking into account their use in the selection of cows for their further improvement. The stability coefficient (SC) is the ratio of milk yield for 101–200 days of lactation (P2)

to milk yield for 1–100 days of lactation (P1). Hence: $SC = P2 / P1 * 100$.

Results

The most important breeding trait in dairy cattle breeding is milk yield. Yield is taken into account for 305 days of lactation, for the last lactation, for the average lactation, for the maximum lactation and for life. We have carried out an assessment of the breeding stock of breeding cattle according to some of these indicators (Table 1).

From the data in the table it can be seen that milk yield varies depending on the period of evaluation of productive qualities. The highest rate was established for full-age lactation. It was higher than the average by 1611 kg or 23.3 % ($P \leq 0.01$) and by 1141 kg or 15.4 % than the maximum lactation ($P \leq 0.01$). This is most likely due to the fact that the sample for full-age lactation included cows that completed 3 and 4 lactations, and the rest of the indicators were calculated for the entire livestock. The duration of the productive use of cows on the farm is 1.85 ± 0.07 lactations or 2.39 ± 0.07 calving, but the duration of the use of individual animals is 9 lactations. In this regard, the average lifetime productivity is 20267 ± 1610.13 kg, and if we divide this milk yield by the average for lactations, then the number of lactations will be 2.93 lactations. This scoring is used in estimating productive longevity by pastoralists in the United States. However, it should be taken into account that some of the cows leave the herd without even finishing one lactation, as indicated the minimum milk yield, and the difference between the maximum and minimum milk yield is twice or more than the minimum milk yield. So for lifelong milk yield, this difference is 12.4 times.

MFF and MFP in milk, depending on the studied indicator, differ insignificantly and unreliably, but there is a tendency to increase these indicators for full-age lactation. It should be noted that the difference between these indicators in the studied animals is significant, especially in terms of MFF in milk.

Table 1
Indicators of milk productivity

Indicator	Average	Average Fluctuation		Difference (Max – Min)
		Min	Max	
Milk yield on average for all lactation, kg	6913 ± 39.45	4237	9446	5209
Milk yield for maximum lactation, kg	7383 ± 54.38	4237	11097	10660
Milk yield for full-age lactation, kg	8524 ± 170.05	5089	16168	11079
Lifetime milk yield, kg	20267 ± 1610.13	5064	68405	63341
MFF on average for all lactation, %	4.00 ± 0.006	3.57	4.50	0.93
MFF for maximum lactation, %	4.04 ± 0.009	3.57	4.61	1.04
MFF for full-age lactation, %	4.05 ± 0.016	3.64	4.64	1.00
MFF for lifetime milk yield, %	4.00 ± 0.014	3.78	4.36	0.58
MFP on average for all lactation, %	3.05 ± 0.004	2.75	3.28	0.53
MFP for maximum lactation, %	3.06 ± 0.006	2.73	3.52	0.79
MFP for full-age lactation, %	3.10 ± 0.011	2.82	3.47	0.65
MFP for lifetime milk yield, %	3.08 ± 0.010	2.88	3.29	0.41

Table 2
Amount of milk fat and milk protein, kg

Indicator	Average	Average Fluctuation		Difference (Max – Min)
		Min	Max	
Milk fat on average for all lactation, kg	276 ± 1.55	167	354	187
Milk fat for maximum lactation, kg	298 ± 2.27	187	456	269
Milk fat for full-age lactation, kg	330 ± 6.67	115	685	570
Milk fat for life, kg	813 ± 64.59	198	2714	2516
Milk protein on average for all lactation, kg	211 ± 1.23	128	268	140
Milk protein for maximum lactation, kg	226 ± 1.76	128	347	219
Milk protein for full-age lactation, kg	254 ± 5.14	87	515	428
Milk protein for life, kg	626 ± 50.05	153	2086	1933

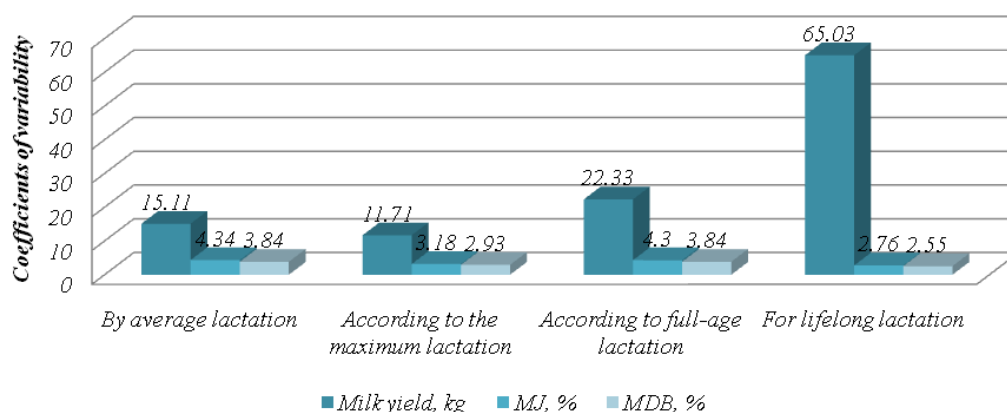


Fig. 1. Coefficients of variability of milk characteristics cows

The second selection indicator that is important when grading cows according to their own productivity is the amount of milk fat obtained with milk for lactation. It is taken into account when determining the class of breeding value of cows. In our case, the average indicators for the amount of milk fat are higher than the requirements of the standard for Black-and-White and Holstein breeds (Table 2).

From the data presented in the table, it can be seen that the herd has a wide variety of animals in terms of such indicators as the amount of milk fat and milk protein, and more of these substances were obtained with milk for full-age lactation. It should be noted that according to the data presented in the previous table (Table 2), it was noted that in this lactation were established the highest average milk yield and the highest rates of MFF and MFP in milk. Fluctuations in the yield of nutrients with milk were significant, especially in lifetime productivity. The difference between the minimum and maximum values was 2516 kg of milk fat and 1933 kg of milk protein.

The coefficients of variability differed depending on the period of the assessment of milk production (Fig. 1).

The figure shows that the biggest coefficients of variability are determined by milk yield, and for life-long milk yield from is more than 65.0%, while for individual indicative lactations, average, maximum and full-age coefficient of variability did not exceed

22.5 %. According to MFF and MFP in milk, the breeding stock is more even, which is confirmed by small coefficients of variability. Moreover, in terms of lifetime productivity, they turned out to be lower than in the studied lactations.

We analyzed the variability of milk yield by lactations. On the farm, animals are used up to 9 lactations and the dynamics of milk productivity depending on the age of the cows is of interest, especially since the average duration of the productive use of cows is much lower – 1.85 ± 0.07 lactations. An assessment of the possibility of increasing productive longevity is also possible by assessing the dynamics of milk yield (Fig. 2).

As a result of the analysis, it was found that milk yield increases up to 4 lactations, the largest increase in milk yield for 305 days of lactation was recorded in the second lactation – 937 kg or 14.5 %. Then the increase is 79–363 kg. Starting from the 5th lactation, there is a gradual decrease in milk yield for 305 days of lactation. This decrease was not constant and milk yield fluctuated by lactations, but slightly in one direction or another, which is most likely due not to the patterns of changes in lactation activity, but to the variability of the forage base on the farm.

There were similar changes in terms of milk yield for the entire lactation. The milk yield for lactation was higher, which is explained by its duration (Fig. 3).

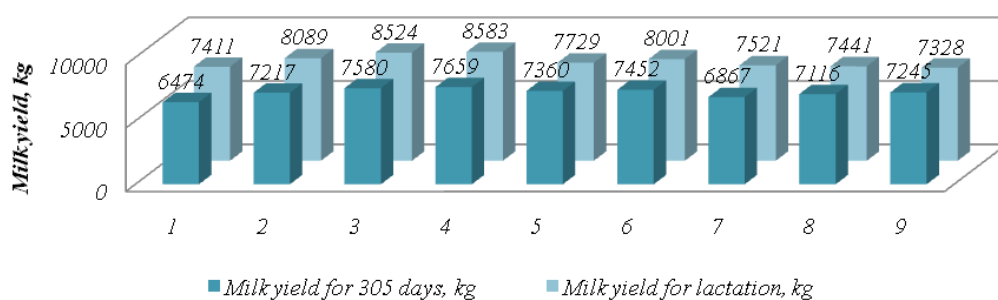


Fig. 2. Dynamics of milk yield cows' depending on age (lactation), kg

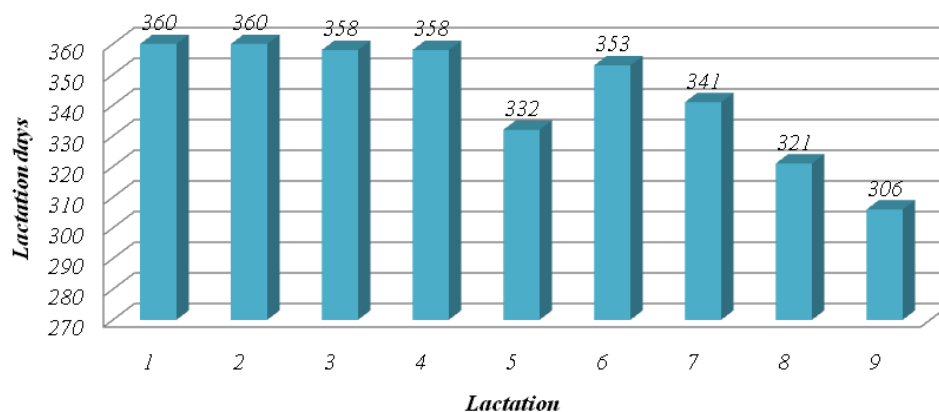


Fig. 3. Duration of lactation cows', days

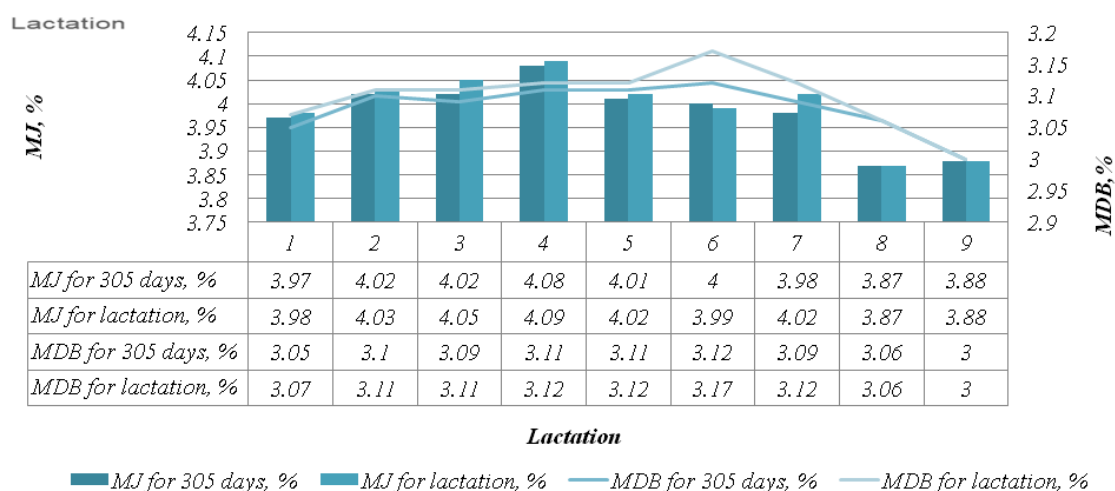


Fig. 4. Variability of milk quality indicators cows' by lactation, %

The figure shows that the duration of lactation exceeds the optimal indicators of 305 days, with the exception of the 9th lactation. It should be noted that in the first 4 lactations, the duration of lactation activity was almost the same and amounted to 358–360 days, that is, the increase in milk yield per lactation during this period did not depend on the duration of lactation activity, but was determined by the physiological patterns of changes in milk productivity of cows with age. Further, along with the feed factor, milk yield is also influenced by the duration of lactation. So milk yield for lactation for the fifth lactation was 7729 kg, which is less than for the fourth by 854 kg or 9.9 %, but the duration of lactation decreased by 26 days or 7.3 %.

Further, with an increase in the duration of lactation, an increase in milk yield is observed and vice versa.

It is known that the quality indicators of milk (MFF and MFP) also change depending on age (Fig. 4).

The figure clearly shows that in the first 4 lactations there is an increase in MFF in milk both for 305 days of lactation and for the entire lactation. Since it is known that by the end of lactation, the MFF in milk increases, this also happens in our case. Starting from the 5th lactation, the indicators of MFF in milk stabilize, although their slight fluctuations in one direction or another are observed. The lowest fat content was found at 8 and 9 lactations. MFP in milk changes somewhat differently. This indicator constantly rises up to 6 lactations, and then sharply decreases, like MFF in milk.

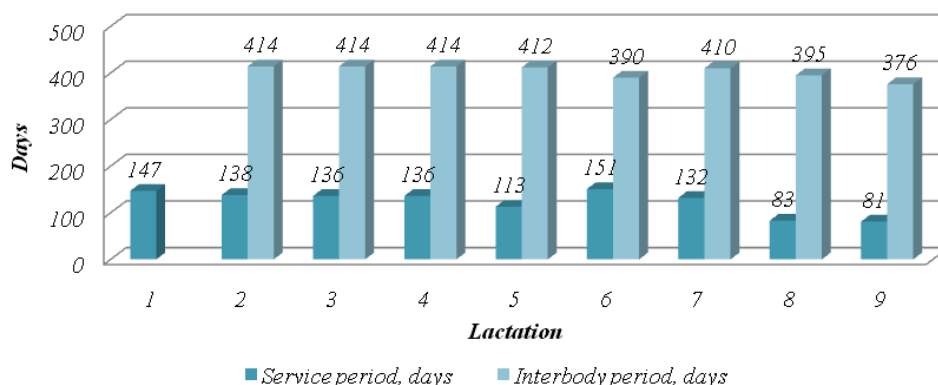


Fig. 5. The duration of the service and interbody period for lactation cows', days

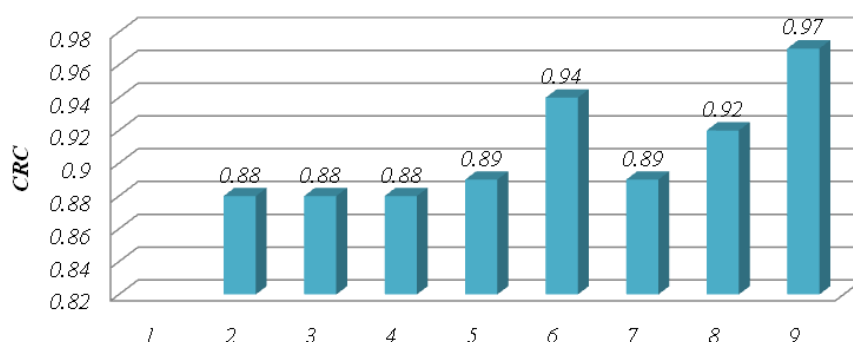


Fig. 6. Coefficient of reproductive cows' capacity

In the industrial production of milk, great importance is attached to the suitability of cows for use in industrial complexes, including the type of constitution. To assess the constitutional orientation of cows towards one or another productivity, the milk coefficient is often calculated, which in our case ranged from 750 to 1672 kg. On average, it was 1224 kg, which indicates that the cows were of the dairy direction of productivity.

Reproduction issues are currently in the first place. This is explained by the fact that milk productivity, namely the lactation activity of cows, is associated with reproduction. One of the indicators of the reproductive qualities of cows is the duration of the service period. It is believed that it should be 45-80 days. That is, with a favorable state of affairs with reproduction, a cow in the second hunt after calving can be fruitfully inseminated. With high rates of productivity and a good response of the animal to milking, insemination is carried out in the fourth cycle of estrus. However, due to the widespread Holsteinization and the achievement of high productivity indicators, an increase in the duration of the service period is observed. Often this is explained by the dominant milk production. However, this may also be related to the fertility haplotypes of the breeding stock and sires in terms of reproductive qualities.

An analysis of the duration of the service and intercalving periods showed that there are certain problems with reproduction in the herd (Fig. 5).

The figure shows that the duration of the service period for lactations varies slightly, especially in the first 4 lactations. In the fifth lactation, a decrease in this indicator was found with a further sharp increase. The optimal indicators of the duration of the service period are noted for 8 and 9 lactations. Most likely, this is explained by the fact that at this age only animals with good reproductive and productive qualities and in good health remain lactating.

This is also confirmed by the calculated coefficient of reproductive capacity (CRC), which should be at least 0.95 and tend to unity (Fig. 6).

The herd being assessed has reproductive problems. With age, reproductive functions improve due to the culling of cows, including for reasons of gynecological diseases and barrenness.

When planning breeding work with a herd, there are taken into account the correlation coefficients between economically useful traits. We have calculated the correlation coefficients between economically useful traits.

An assessment of the relationship between milk yield and the duration of the service and the intercalving period for lactations showed that there were no general patterns in the relationship between these indicators. They were, except for the correlation coefficient for the third lactation between milk yield for full-age lactation and the duration of the service period (Fig. 7).

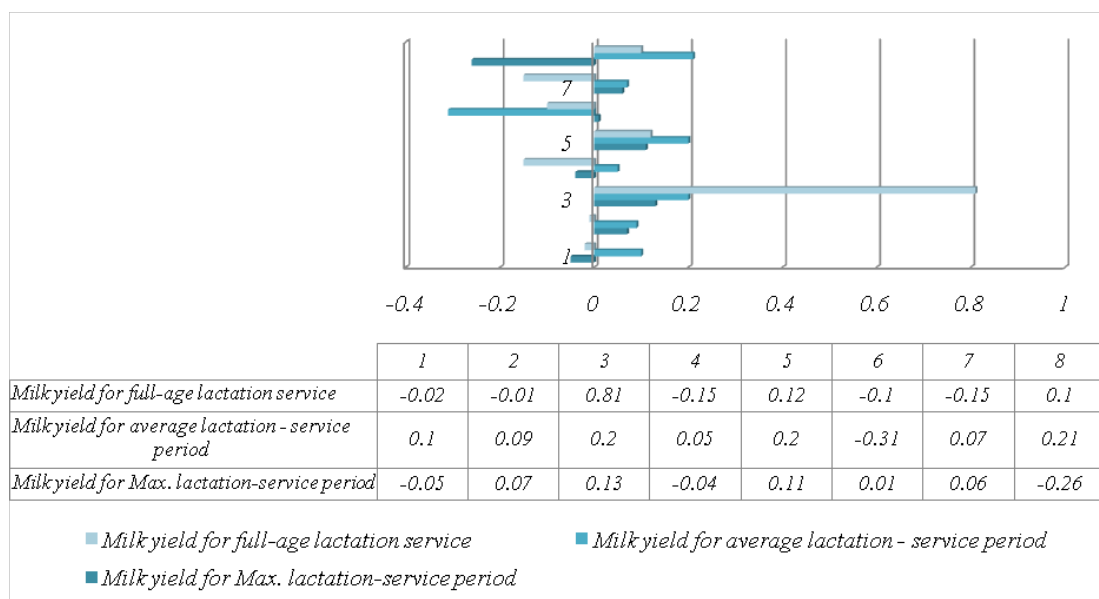


Fig. 7. The conjugacy of milk yield cows' and the duration of the service period for lactation

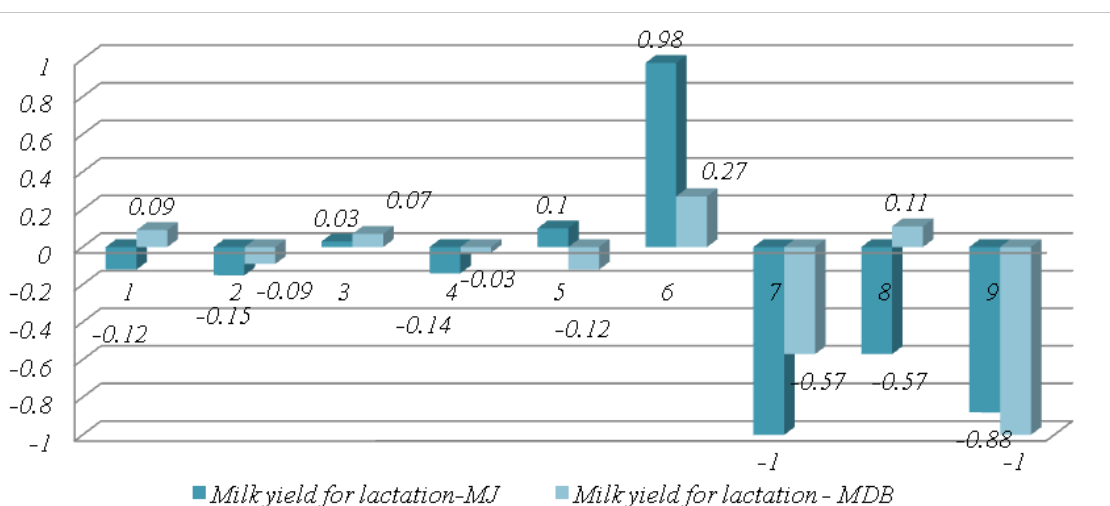


Fig. 8. Correlation coefficients between milk characteristics cows'

Thus, when carrying out breeding work with a herd, it is impossible to rely on indicators of the duration of the service period when selecting for milk productivity – milk yield.

The results of calculating the correlation coefficient between milk characteristics, milk yield for lactation and milk quality indicators are shown in Fig. 8.

Between milk yield and quality indicators of milk, a positive average and high correlation has not been established, with the exception of individual data (6 lactation), and therefore they cannot be used when carrying out measures to improve the herd. Selection and picking up for each indicator must be carried out separately.

Discussion and Conclusion

The farm uses highly productive dairy cattle of the Holstein Black-and-White breed. On the farm, individ-

ual animals are used up to 9 lactations, with an average duration of productive use of cows – 1.85 ± 0.07 lactations. Milk yields of cows change with age in accordance with the patterns of lactation activity. There are certain problems in reproduction in the herd. Between milk yield and quality indicators of milk, a positive average and high correlation has not been established, with the exception of individual data (6 lactation), and therefore they cannot be used when carrying out measures to improve the herd. Selection and picking up for each indicator must be carried out separately.

Similar data were obtained in the studies of A. V. Kolesnikova [4], O. V. Gorelik, O. E. Lihodeevskaya, N. N. Zezin, M. Ya. Sevostyanov and O. I. Leshonok [16], Mymrin V. O. Lorets [20] and others.

References

1. Donnik I. M., Voronin B. A., Lorets O. G., Kot E. M., Voronina Ya. V. Rossiyskiy APK – ot importa sel'skokhozyaystvennoy produktsii k eksportno-orientirovannomu razvitiyu [Russian agro-industrial complex –

- from import of agricultural products to export-oriented development] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 3 (157). Pp. 59–66. (In Russian.)
2. Donnik I. M., Voronin B. A. Proizvodstvo organicheskoy sel'skokhozyaystvennoy produktsii kak jedno iz vazhneyshikh napravleniy razvitiya APK [Production of organic agricultural products as one of the most important areas for the development of the agro-industrial complex] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 1 (143). Pp. 77–81. (In Russian.)
3. Donnik I. M., Mymrin S. V. Rol' geneticheskikh faktorov v povyshenii produktivnosti krupnogo rogatogo skota [The role of genetic factors in increasing the productivity of cattle] // Head of animal breeding. 2016. No. 8. Pp. 20–32. (In Russian.)
4. Kolesnikova A. V. Stepen' ispol'zovaniya geneticheskogo potentsiala golshtinskih bykov-proizvoditeley razlichnoy selektsii [The degree of use of the genetic potential of Holstein sires of various selections] // Zootechniya. 2017. No. 1. Pp. 10–12. (In Russian.)
5. Molchanova N. V., Sel'tsov V. I. Vliyanie metodov razvedeniya na produktivnoe dolgoletie i pozhiznennuyu produktivnost' korov [Influence of breeding methods on productive longevity and lifelong productivity of cows] // Zootechniya. 2016. No. 9. Pp. 2–4. (In Russian.)
6. Reshetnikova N. P., Eskin G. E. Sovremennoe sostoyanie i strategiya vosproizvodstva stada pri povyshenii produktivnosti molochnogo skota [The current state and strategy of herd reproduction while increasing the productivity of dairy cattle] // Dairy and beef cattle breeding. 2018. No. 4. Pp. 2–4. (In Russian.)
7. Gridina S. L., Mymrin V. S., Gridin V. F., Zezin N. N., Tkachenko I. V., Leshonok O. I., Mymrin S. V., Morozova M. N., Tkachuk O. A. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya molochnogo skotovodstva na Urale [Current state and prospects for the development of dairy cattle breeding in the Urals]. Ekaterinburg, 2018. 98 p. (In Russian.)
8. Mymrin V., Pedrosa D. E., Pedrosa C., Alekseev K., Avanci M. A., Winter E., Cechin L., Rolim P. H. B., Iarozinski Neto A., Catai R. E. Environmentally clean composites with hazardous aluminum anodizing sludge, concrete waste, and lime production waste. // Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 174. P. 380.
9. Mymrin V. S., Gridina S. L., Azhmyakov A. N., Bryukhanov A. A., Baibulatov I. A., Kapustin N. P., Lazarenko V. P., Kobylina A. V., Krysova E. V., Smirnova G. G. Sokhraneniye otechestvennykh porod – vklad v budushchee Rossiyskogo zhivotnovodstva [Preservation of domestic breeds is a contribution to the future of Russian animal husbandry] // Zootechniya. 2018. No. 1. Pp. 8–11. (In Russian.)
10. Gridin V. F., Gridina S. L. Analiz porodnogo i klassnogo sostava krupnogo rogatogo skota Ural'skogo regiona [Analysis of the breed and class composition of cattle in the Ural region] // Russian Agricultural Science. 2019. No. 1. Pp. 50–51. (In Russian.)
11. Gridina S. L., Gridin V. F., Mymrin V. S., Zezin N. N., Tkachenko I. V. Kharakteristika plemennykh i produktivnykh kachestv cherno-pestrogo skota v oblastiakh i respublikakh Urala [Characteristics of breeding and productive qualities of black-and-white cattle in the regions and republics of the Urals]. Ekaterinburg, 2018. 80 p. (In Russian.)
12. Gorelik O., Rebezov M., Gorelik A., Harlap S., Dolmatova I., Zaitseva T., Maksimuk N., Fedoseeva N., Novikova N. Effect of bio-preparation on physiological status of dry cows // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. No. 8 (7). Pp. 559–562.
13. Gorelik O. et al. The state of nonspecific resistance of calves during the preweaning period International [e-resource] // Journal of Pharmaceutical Research. 2019. Vol. 11. Iss. 1. URL: <http://ijpronline.com/ViewArticleDetail.aspx?ID=7528> (date of reference: 17.01.2022). DOI: 10.31838/ijpr/2019.11.01.133.
14. Gorelik O. et al. Study of chemical and mineral composition of new sour milk bio-product with sapropel powder [e-resource] // Annual Research & Review in Biology. 2017. No. 18 (4). <https://journalarrb.com/index.php/ARRB/article/view/26568> (date of reference: 17.01.2022). DOI: 10.9734/ARRB/2017/36937.
15. Gorelik O. et al. Studying the biochemical composition of the blood of cows fed with immune corrector bio-preparation [e-resource] // AIP Conference Proceedings. 2020. Vol. 2207. Article number 020012. URL: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0000317> (date of reference: 17.01.2022). DOI: 10.1063/5.0000317.
16. Gorelik O. V., Lihodeevskaya O. E., Zezin N. N., Sevostyanov M. Ya., Leshonok O. I. Assessment of the effect of inbreeding on the productive longevity of dairy cattle [e-resource] // AGRITECH-III-2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Article number 082009. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/548/8/082009> (date of reference: 17.01.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/548/8/082009.
17. Chechenikhina O., Loretts O., Bykova O., Shatskikh E., Gridin V., Topuriya L. Productive qualities of cattle in dependence on genetic and paratypic factors // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2018. No. 9 (1). Pp. 587–593.

18. Tkachenko I., Gridin V., Gridina S. Results of researches federal state scientific institution "Ural research institute for agriculture" on identification of interrelation efficiency cows of the ural type with the immune status // 衣韭、生怒和自然口源合 理利用中的饲料生并口究. Jilin, 2016. Pp. 085–090.
19. Skvortsov E., Bykova O., Mymrin V., Skvortsova E., Neverova O., Nabokov V., Kosilov V. Determination of the applicability of robotics in animal husbandry [e-resource] // The Turkish Online Journal of Design Art and Communication 8 (S-MRCHSPCL). 2018. Pp. 291–299. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34958547> (date of reference: 17.01.2022).
20. Mymrin V., Loretts O. Contemporary trends in the formation of economically-beneficial qualities in productive animals // Digital agriculture – development strategy: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019) "Advances in Intelligent Systems Research". Ekaterinburg, 2019. Pp. 511–514.

Authors' information:

Maksim B. Rebezov¹, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0003-0857-5143, AuthorID 419764

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

Svetlana Yu. Kharlap¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-3651-8835, AuthorID 832931; +7 992 010-96-78

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

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

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

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

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

Готовность к биологизации как субъективный фактор формирования устойчивых систем землепользования

А. А. Дубовицкий¹✉, Э. А. Климентова¹

¹ Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

✉ E-mail: daa1-408@yandex.ru

Аннотация. Целью исследования явилось изучение субъективных факторов, определяющих поведение лиц, которые принимают решения в рамках управления биологическими процессами в формате экологического совершенствования землепользования. **Методология и методы.** Исследование было проверено с помощью опроса репрезентативной выборки респондентов, в которую были включены собственники, руководители и специалисты предприятий сельского хозяйства Тамбовской области. **Результаты.** Использование стандартизированной методики тестирования основных компонентов готовности к деятельности позволило оценить общий уровень готовности к биологизации как достаточно низкий. Наиболее проблемными компонентами оказались когнитивная, мотивационная и организационная готовность, особенно в сравнении с относительно высокими значениями личной и эмоциональной готовности. Во многом это объясняется невысоким уровнем, а часто и отсутствием знаний теоретических основ, закономерностей, механизмов и возможных эффектов биологизации. Анализ взаимосвязей между параметрами, характеризующими поведение лиц, принимающих решение об экологическом совершенствовании землепользования на уровне предприятия, позволил составить модель типологии поведения в процессе биологизации. **Научная новизна** заключается в обосновании необходимости смещения приоритетов при управлении процессом формирования устойчивых систем землепользования от административного регулирования и директивного вмешательства в сторону применения методов активизации внедрения биологических практик, которые должны опираться на оценку и прогнозирование отдельных поведенческих факторов.

Ключевые слова: устойчивое развитие, сельское хозяйство, землепользование, биологизация, органическое земледелие, готовность к деятельности.

Для цитирования: Дубовицкий А. А., Климентова Э. А. Готовность к биологизации как субъективный фактор формирования устойчивых систем землепользования // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-68-77.

Дата поступления статьи: 29.04.2022, **дата рецензирования:** 12.05.2022, **дата принятия:** 20.05.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Одной из глобальных задач современного этапа развития общества является решение проблемы устойчивого эколого-экономического развития. Концепция устойчивого развития была обоснована впервые в докладе Специальной комиссии ООН в 1987 году, как «развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени без ущерба для способности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». Рекомендации и принципы, изложенные в документе, были поддержаны мировым сообществом на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в 1992 г. в Рио-де-Жанейро и приняты рядом стран в качестве официальных доктрин государственного развития, в том числе в 1996 г. Россией. В качестве важнейших задач перехода Российской Федерации к устойчивому развитию обозначены стабилизация

экологической ситуации и коренное улучшение состояния окружающей среды.

Данные задачи нашли свое отражение в Экологической доктрине, принятой Распоряжением Правительства РФ от 31.08.2002 N 1225-р, в которой предусматривается обеспечение устойчивого природопользования возобновляемых и рациональное использование невозобновляемых природных ресурсов, в том числе применительно к сельскому хозяйству – земельным.

Рациональное природопользование признается приоритетным направлением развития науки, технологий и техники в современной России. При этом переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству является одним из направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 01.12.2016 N 642.

В то же время следует констатировать, что, несмотря на принятие целого ряда программных документов в сфере устойчивого развития и рационального природопользования, поставленные задачи практического воплощения в сфере землепользования все еще не получили. Формирование устойчивых систем в сельском хозяйстве (в том числе в землепользовании) – процесс достаточно сложный, требующий основательных и последовательных действий в этом направлении. И данные официальной статистики подтверждают, что решение этой задачи – все еще дело будущего.

На сельскохозяйственных землях Российской Федерации быстрыми темпами продолжают развиваться процессы водной и ветровой эрозии, наблюдаются дальнейшее уменьшение содержания органических веществ в почве, загрязнение (в т. ч. тяжелыми металлами), уплотнение почвы, засоление и опустынивание. Все это ведет к ухудшению экологического состояния и, как результат, продуктивности почв. По данным Доклада о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 г., водной эрозии подвержена площадь в 2 млн га, или 14,8 % общей обследованной площади, ветровой эрозии (дефляции) – 1,3 млн га, или 9,1 %. По состоянию на 1 января 2020 г. 35,0 % пашни занимают кислые почвы, требующие первоочередного известкования; 21,8 % – почвы с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора; 25,4 % – почвы, содержание гумуса в которых меньше минимального.

Деградация земель во многом является следствием промышленных методов ведения сельского хозяйства [1, с. 13–15], ориентированных на формирование урожая в земледелии за счет мобилизации почвенного плодородия [2, с. 5]. Углубление специализации в отношении земледелия часто приводит к нарушению традиционных систем севооборота, сокращению площадей кормовых и бобовых культур, которые могли бы способствовать естественному восстановлению органического вещества почвы. Существенное сокращение поголовья скота в животноводстве сопровождается соответствующим уменьшением применения органических удобрений. Несбалансированное внесение удобрений ведет к отрицательному балансу питательных веществ в почвах, а неправильное использование агрохимикатов – к нарушению функционирования экосистем, снижению в них биологического разнообразия и качества самой продукции. В результате происходит снижение плодородия почв, оскудение растительного покрова сенокосов и пастбищ, расширяются территории, экологическое состояние которых является проблемным или кризисным.

Актуальность проблемы, сложившейся в землепользовании, подчеркивается во многих научных исследованиях [3–5]. Традиционное объяснение

сложившейся ситуации сводится к слабой финансовой состоятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей, недостаточному финансированию мероприятий по поддержанию и воспроизводству плодородия почв [6, с. 9], и данный факт в таком случае служит аргументом для расширения государственного влияния в системе землепользования [7, с. 136]. Такая интерпретация представляется правильной только отчасти. На наш взгляд, это скорее может говорить о том, что сложившаяся в результате рыночных реформ структура аграрной экономики, ориентированная на получение экономического результата, привела в конечном счете к формированию процесса, направленного в сторону прогрессирующего истощения природных ресурсов, и породила специфический менталитет собственников и руководителей организаций с достаточно низкой заинтересованностью в осуществлении природоохранных мероприятий.

Вопрос формирования устойчивых систем землепользования решается посредством внедрения экологически чистых методов ведения сельского хозяйства, позволяющих обеспечить производство продукции без ущерба для человека или природных систем [8, с. 973]. Они базируются на широком применении благоприятных для почв агротехнических приемов (биологического или органического земледелия), особенно в районах, где существуют серьезные экологические проблемы. Их положительное влияние доказано многими научными исследованиями, на основании которых Продовольственной и сельскохозяйственной организацией (FAO) ООН разработаны рекомендации по устойчивому управлению почвами, предусматривающие ограничение ветровой и водной эрозии, предотвращение потерь гумуса, поддержание баланса питательных веществ и кислотности, предотвращение загрязнения, уплотнения и снижения биоразнообразия почв. Все эти приоритеты с учетом региональных природно-климатических особенностей актуальны и для России.

Однако сложность ситуации, сложившейся с практической реализацией данных приоритетов, на фоне продолжающегося ухудшения экологического состояния земель, свидетельствуют о том, что проблемы в этой сфере вызваны действием целого комплекса факторов.

При изучении совокупности факторов, влияющих на результативность управления сельскохозяйственным землепользованием, можно встретить их различные классификации и подходы к группировке. Следует упомянуть, например, распространенную методологию практического анализа земельных ресурсов, при которой факторы, влияющие на параметры внутренней среды предприятия, в том числе и на формирование системы землепользования, относят к экологическим (природно-климатическим), со-

циально-экономическим, а также экономико-правовым, технологическим и техническим [9, с. 5].

Ряд исследователей рассматривает процесс формирования системы управления землепользованием через призму земельных отношений. В данном случае механизм формирования устойчивого землепользования рассматривается как система политических, правовых, социально-экономических и организационно мер, которые направлены на эффективное пользование земель [10, с. 47], в том числе посредством перераспределения земель в пользу эффективных собственников [11, с. 184].

Многие авторы подчеркивают роль государственного регулирования, которое приобретает особую важность в условиях высокой антропогенной нагрузки на земельные ресурсы. Это, в частности, такие параметры, как земельная политика государства [3, с. 9], элементы природоохранного и хозяйственного законодательства [4, с. 19], строгий учет земельных ресурсов страны и контроль над их эффективным использованием [12, с. 5]. В целом значимость факторов государственной аграрной политики трудно переоценить. В то же время полагание только на государственное регулирование может стать стимулом для оппортунистического поведения собственников земли и землепользователей, которое выражается в пассивном с точки зрения экологии поведении, нежелании менять устоявшиеся технологии и системы земледелия.

Рассмотренные классификации позволяют сделать вывод, что приоритет в них отдается объективным факторам. Это факторы, которые не зависят от уровня знаний, особенностей восприятия, ценностных ориентиров субъектов управления землепользованием. Объективные факторы формируют общие для всех условия функционирования и рамки управленческой деятельности. Но то, в какой степени эти условия используются в достижении успеха субъектами бизнеса, определяется именно знаниями, опытом, искусством руководителя. Как отмечается многими авторами, особенности субъекта управления в целом во многом формируют именно субъективные факторы [13, с. 1; 14, с. 471].

Упор на объективные факторы при анализе системы землепользования приводит к недооценке субъективных факторов, недооценке того, что решение о направлениях совершенствования землепользования в конечном итоге принимает человек. Человек может придерживаться любой стратегии поведения, в том числе в рамках единого нормативно-правового пространства.

В соответствии с вышеизложенным считаем, что изучение субъективных факторов, оказывающих влияние на формирования устойчивых систем земледелия, является актуальной научной задачей и служит основанием для выбора темы настоящей работы.

Методология и методы исследования (Methods)

Цель и задачи настоящего исследования сформулированы исходя из гипотезы существенного влияния на процессы биологизации землепользования не только объективных, но и субъективных факторов, влияющих на принятие устойчивых методов ведения сельского хозяйства. Целью исследования явилось изучение субъективных факторов, определяющих поведение лиц, принимающих решения (ЛПР) в рамках управления биологическими процессами в формате экологического совершенствования землепользования. Категориями ЛПР определены владельцы бизнеса, руководители предприятий, специалисты агрономических и экономических служб.

Для достижения поставленной цели был определен соответствующий круг задач:

- по данным выборочной совокупности выявить профессионально-психологические параметры ЛПР, в наибольшей степени влияющие на принятие устойчивых методов землепользования;
- типизировать поведение лиц, принимающих решение о применении приемов биологического земледелия на уровне предприятия, выделив определенные сегменты со сходными параметрами поведения;
- сделать обоснованный вывод о возможности использования субъективных факторов для активизации внедрения биологических практик в землепользовании региона.

При проведении исследования в качестве общенаучных применялись методы логического и сравнительного анализа с использованием обзора информации и статистических данных. По специфическим вопросам и проблемам внимание было обращено к опросу и анкетированию как методам эмпирических научных исследований.

Вопрос о типологии поведения в рамках формирования устойчивых систем землепользования решен исходя из постулата об идентичности поведения личности в процессе реализации профессиональной деятельности по управлению предприятием [15, с. 884] с той лишь разницей, что в данном случае будет присутствовать специфика, обусловленная агроэкологическими особенностями сельского хозяйства.

Эмпирически измеряемым конструктивом при этом выступает готовность к деятельности, отражающая профессионально-психологическую характеристику общих свойств личности [16, с. 81].

В данном контексте готовность к биологизации рассматривается нами в качестве одной из разновидностей готовности к деятельности, как система профессионально важных качеств и свойств личности, необходимых и достаточных для эффективной профессиональной деятельности в области экологизации землепользования.

Содержание основных параметров готовности к деятельности определено нами посредством обобщения теоретических моделей готовности по работам В. П. Негановой и А. В. Дудник [15], В. В. Пантелеевой и Т. П. Кнышевой [16]. Речь идет об эмоциональной, когнитивной, мотивационной, личностной и организационной готовности. При определении уровня готовности к биологизации мы исходили из существующей методики анкетирования, скорректированной с учетом особенностей профессиональной деятельности в сфере землепользования. Для оценки интенсивности процесса биологизации предложено было ответить на вопросы, позволяющие оценить частоту и периодичность применения приемов биологического земледелия и составить представление между несколькими градациями реализуемых систем земледелия: традиционными, традиционными с элементами биологизации и органическими.

В исследовании также проведена оценка такого параметра, как приоритетные цели биологизации, под которыми понимаются ожидаемые результаты, на достижение которых может быть направлено экологическое совершенствование землепользования. При этом было предложено провести расстановку целей биологизации (восстановление плодородия почв, получение экологически чистой продукции, экологическое благополучие сельских территорий) по степени их важности с точки зрения респондента. Совокупность выборки составила 50 респондентов, занятых в агрохозяйстве Тамбовской области, в том числе руководители предприятий – 50 %, руководители и специалисты агрономических и экономических служб – 30 %, собственники малого бизнеса – 20 % от общего количества.

Результаты (Results)

Анализ полученных результатов позволил сделать ряд важных выводов, в первую очередь – о том, что готовность к биологизации в агрохозяйстве региона оказалась достаточно низкой (табл. 1, 2).

При максимально возможном уровне готовности к деятельности 350 баллов в исследуемой выборке его среднее значение составило лишь 184,7 балла, или 52,8 % в относительном выражении. Распределение случаев по интервалам шкалы оценок, составленное по результатам проведенного опроса, показывает, что наибольшее количество случаев (54 %) сосредоточено в группе с количеством баллов до 193. Данные значения соответствуют низкой степени готовности к биологизации. Значительно меньшая часть случаев (38 %) сосредоточена в интервале от 194 до 265 баллов, что интерпретируется как средний уровень готовности к биологизации. И только 8 % случаев отнесены к группе высокой готовности.

Средние значения основных компонентов готовности к биологизации, полученные в выборке, позво-

ляют достоверно (при уровне значимости $p < 0,05$) характеризовать соответствующие значения генеральной совокупности и, следовательно, позволяют делать статистически значимые выводы из полученных экспериментальных данных (таблица 3).

Изучение основных компонентов готовности к биологизации позволяет сделать следующие выводы. Наиболее высокий уровень наблюдается по компонентам личностной и эмоциональной готовности.

Среднее значение по выборке *личностной готовности* составляет 45,2 балла, или 64,6 % от максимально возможного уровня, определенного в 70 баллов. Наибольшее количество случаев (40 %) сосредоточено в интервале от 40 до 50 баллов. Профессионально важные особенности личности (коммуникабельность, организаторские способности, уверенность в себе, умеренная склонность к риску) проявлены отчетливо, хотя и на недостаточно высоком уровне.

Несколько ниже в исследуемой выборке *эмоциональная готовность*. Ее средний уровень составляет 42,2 балла, или 60,3 % от возможных 70 баллов. Наибольшее количество случаев (34 %) также сосредоточено в интервале от 40 до 50 баллов. Эмоциональная готовность характеризуется наличием интереса к своей профессиональной деятельности, инициативности, ответственности. Ее средний уровень может свидетельствовать о недостаточно выраженном интересе к внедрению новых технологий, освоению новых способов выполнения своих профессиональных обязанностей.

Еще более низким уровнем характеризуется *мотивационная готовность к биологизации*. В среднем по совокупности она составляет 34,2 балла, или 48,9 % потенциально возможного уровня. Существенно отличается и распределение случаев относительно средней. Около трети случаев (34 %) отмечено в группе от 30 до 40 баллов, еще 28,0 % – в интервале от 20 до 30 баллов. Мотивационная готовность определяется наличием внутренних стимулов к повышению результативности трудовой деятельности и получению удовлетворения от процесса реализации собственных способностей. Относительно низкий ее уровень может говорить об отсутствии понимания возможных положительных эффектов биологизации на экономические результаты сельскохозяйственного производства и экологическое состояние агроэкосистем.

Относительно низким уровнем характеризуется и компонент *организационной готовности* к биологизации. Средний балл данного показателя по выборке – 32,6 при степени достижения его максимального уровня 46,6%. Более трети случаев (38,0 %) сосредоточено в интервале от 20 до 30 баллов, еще 34 % – в интервале от 30 до 40 баллов. Организационная готовность определяется особенно-

стями организации труда на предприятии, созданным механизмом совершенствования технологий, корпоративной культурой и т. д. Ее низкий уровень может быть связан с неудовлетворенностью созданными в организации условиями, отсутствием возможностей эффективного управления биологическими процессами.

Наименьшие оценки наблюдаются по одному из важнейших компонентов – *когнитивной готовности* к биологизации. В среднем по выборке данный показатель составил лишь 31 балл из 70 возмож-

ных. Максимальная доля результатов находится в интервалах от 20 до 30 баллов (38 %) и от 30 до 40 баллов (34 %). Низкий уровень когнитивной готовности свидетельствует о том, что большинство респондентов не обладают знаниями, умениями и навыками, необходимыми для внедрения элементов биологизации землепользования и воспроизводства плодородия почвы в соответствии с принципами устойчивого развития.

Анализ результатов анкетирования позволяет интерпретировать отдельные аспекты полученных

Таблица 1
Количественное и структурное распределение случаев в выборке

Показатели		Шкала оценок, баллы					
		До 20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70
Эмоциональная готовность	Количество случаев, ед.	0	6	16	17	8	3
	Удельный вес, %	0,0	8,0	32,0	34,0	22,0	4,0
Когнитивная готовность	Количество случаев, ед.	6	19	15	9	1	0
	Удельный вес, %	8,0	38,0	34,0	18,0	2,0	0,0
Мотивационная готовность	Количество случаев, ед.	5	14	17	8	6	0
	Удельный вес, %	10,0	28,0	34,0	16,0	12,0	0,0
Личностная готовность	Количество случаев, ед.	0	3	13	20	8	6
	Удельный вес, %	0,0	6,0	26,0	40,0	16,0	12,0
Организационная готовность	Количество случаев, ед.	4	19	17	6	3	1
	Удельный вес, %	8,0	38,0	34,0	12,0	6,0	2,0

Table 1
Quantitative and structural distribution of cases in the sample

Indicators		Rating scale, points					
		Up to 20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70
Emotional readiness	Number of cases, units	0	6	16	17	8	3
	Specific gravity, %	0.0	8.0	32.0	34.0	22.0	4.0
Cognitive readiness	Number of cases, units	6	19	15	9	1	0
	Specific gravity, %	8.0	38.0	34.0	18.0	2.0	0.0
Motivational readiness	Number of cases, units	5	14	17	8	6	0
	Specific gravity, %	10.0	28.0	34.0	16.0	12.0	0.0
Personal readiness	Number of cases, units	0	3	13	20	8	6
	Specific gravity, %	0.0	6.0	26.0	40.0	16.0	12.0
Organizational readiness	Number of cases, units	4	19	17	6	3	1
	Specific gravity, %	8.0	38.0	34.0	12.0	6.0	2.0

Таблица 2
Обобщенный показатель готовности к биологизации

Уровень готовности	Количество случаев, ед.	Удельный вес, %
До 193 (низкая готовность)	27	54,0
194–265 (средняя готовность)	19	38,0
Более 266 (высокая готовность)	4	8,0

Table 2
Generalized indicator of readiness for biological function

The level of readiness	Number of cases, units	Specific gravity, %
Up to 193 (low readiness)	27	54.0
194–265 (medium readiness)	19	38.0
More than 266 (high readiness)	4	8.0

Таблица 3

Выборочные значения компонентов готовности к биологизации

Показатель	Среднее значение	Степень достижения максимальной готовности, %	Нижняя граница доверительного интервала (95 %)	Верхняя граница доверительного интервала (95 %)	Стандартное отклонение
Эмоциональная готовность	42,2	60,3	40,09	44,31	10,5905
Когнитивная готовность	31,0	44,3	29,45	32,55	10,4858
Мотивационная готовность	34,2	48,9	32,49	35,91	12,2595
Личностная готовность	45,2	64,6	42,94	47,46	10,7858
Организационная готовность	32,6	46,6	30,97	34,23	10,9842
Обобщенный показатель готовности	184,7	52,8	175,94	194,46	53,0534

Table 3

The sample values of the components of readiness for biological function

Indicators	Median value	The degree of achievement of maximum readiness, %	Lower limit of the confidence interval (95%)	The upper limit of the confidence interval (95%)	Standard deviation
Emotional readiness	42.2	60.3	40.09	44.31	10.5905
Cognitive readiness	31.0	44.3	29.45	32.55	10.4858
Motivational readiness	34.2	48.9	32.49	35.91	12.2595
Personal readiness	45.2	64.6	42.94	47.46	10.7858
Organizational readiness	32.6	46.6	30.97	34.23	10.9842
Generalized indicator of readiness	184.7	52.8	175.94	194.46	53.0534

данных следующим образом. Компоненты эмоциональной и личностной готовности в данной выборке отличаются более высоким уровнем оценки, что согласуется с логикой построения конструктива готовности к деятельности. Готовность к биологизации рассматривается нами в качестве одной из разновидностей психологической готовности к деятельности. Эмоциональная и личностная составляющие отражают проявление индивидуально-личностных качеств и важные особенности эмоциональной сферы, определяющие поведение личности в любой профессиональной ее направленности, будь то биологизация или агрономическая деятельность вообще, внедрение инноваций или экономическая деятельность. Поэтому данные компоненты готовности к деятельности и получили относительно высокие оценки.

Наряду с этим компоненты готовности, отражающие в выборке направленность именно на биологизацию (когнитивная, мотивационная и организационная готовность) получили более низкие оценки. Объясняется это невысоким уровнем, а часто и отсутствием знаний теоретических основ, закономерностей, механизмов и основных форм биоло-

гизации. А отсутствие понимания возможных положительных эффектов на плодородие почвы, снижение пестицидной нагрузки на агроэкосистемы, получение экологически чистой продукции, в свою очередь, не способствует формированию должного уровня мотивов, побуждающих к деятельности. В результате складывается ситуация, когда на предприятиях отсутствуют благоприятные условия по поддержке и продвижению органических технологий.

Оценка частоты и периодичности применения приемов биологического земледелия позволила оценить взаимосвязь между общей готовностью к биологизации и предпочитаемой в хозяйствах системой земледелия. Наиболее точно это описывает полиномиальное уравнение зависимости с величиной достоверности ($R^2 = 0,7153$):

$$y = -0,0001x^2 + 0,0886x - 6,7685.$$

На основании полученной зависимости нами составлена матрица, характеризующая поведение лиц, принимающих решение об экологическом совершенствовании землепользования на уровне предприятия (рис. 1).

При ее построении в качестве управляемых параметров системы, задающих значения перемен-

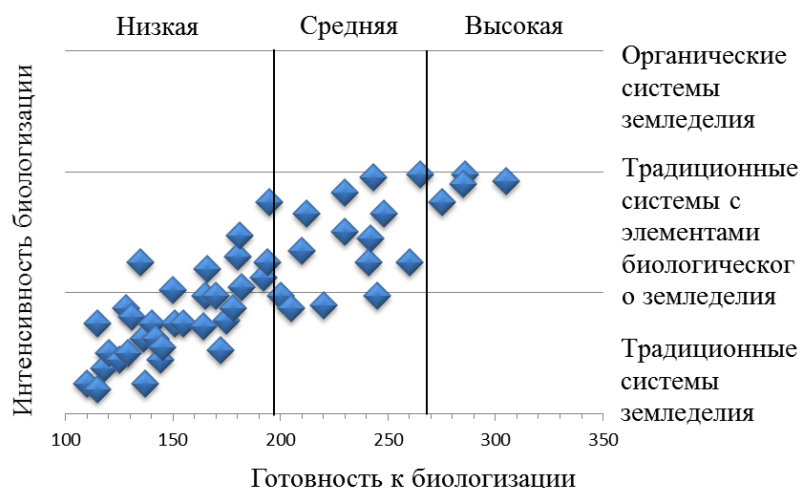


Рис. 1. Поле распределения субъективных факторов готовности к биологизации

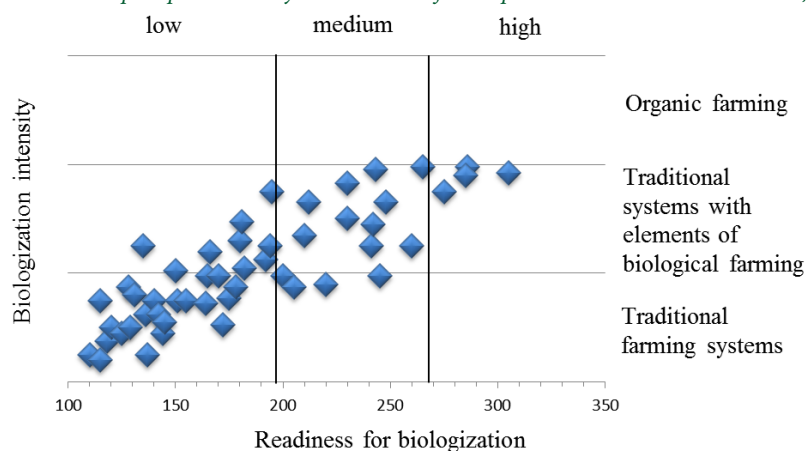


Fig. 1. Field of distribution of readiness for biologization

ных ее состояния, были выбраны факторы «готовность к биологизации» (ось X) и «интенсивность биологизации» (ось Y). Интенсивность биологизации определена нами исходя из частоты и характера применения отдельных элементов земледелия, позволяющих сопоставить уровень готовности с тремя градациями систем земледелия. Наиболее распространенными из них являются традиционные технологии земледелия, которые на фоне низкой готовности к биологизации отличается «пассивно-осторожным» типом поведения. Повышение активности в сочетании с относительно низкой интенсивностью биологизации формирует «пассивно-умеренный (выжидающий)» тип поведения. Средний уровень готовности с внедрением элементов биологического земледелия можно охарактеризовать как «сбалансированный» тип поведения. А высокий уровень готовности и внедрение органического земледелия – как «активный улучшатель». В соответствии с этой градацией в зависимости от расположения в определенной точке шкалы «пассивно-умеренный (выжидающий)» тип поведения – «активный улучшатель» можно охарактеризовать поведение ЛПР в зависимости от принадлежности к определенному типу.

При анализе такого параметра, как приоритетные цели биологизации, также удалось выявить существование достоверной связи между параметром интенсивности биологизации и предпочтениями респондентов в отношении целевых приоритетов, которые наиболее точно описывает полиномиальное уравнение со средним уровнем величины достоверности ($R^2 = 0,5524$):

$$y = 0,0461x^2 - 0,1474x + 1,2521.$$

Наиболее привлекательным является для респондентов такая расстановка приоритетов, при которой в первую очередь планируются и реализуются мероприятия, направленные на поддержание почвенного плодородия. Из числа опрошенных 68 % респондентов приоритетной целью назвали восстановление плодородия почв, оценив ее суммой 70 баллов и выше. Получение экологически чистой продукции и экологическое благополучие сельских территорий было оценено в среднем на уровне 10 и 20 баллов соответственно. В значительной степени это является следствием формирования экономической модели поведения, основанной на частной собственности, где главным критерием для принятия экономических решений является стремление

к получению прибыли. А окружающая среда зачастую рассматриваются лишь как ресурс для эксплуатации в человеческих целях, как один из немногих способов, позволяющих организации выстоять в динамичной рыночной среде.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, проведенное исследование позволило оценить общий уровень готовности к биологизации как достаточно низкий. Наиболее проблемными компонентами оказались когнитивная, мотивационная и организационная готовность, особенно в сравнении с относительно высокими значениями личной и эмоциональной готовности.

В условиях сложившегося дефицита знаний, недостаточной мотивации и организационных условий на фоне недооценки экологических интересов общества усиление административного регулирования и директивности управления со стороны государства может привести к риску сопротивления персонала процессам биологизации. Для его преодоления, на наш взгляд, необходимо изменить основные подходы к управлению процессом фор-

мирования устойчивых систем землепользования. В частности, речь идет о целесообразности смещения приоритетов в направлении применения методов активизации внедрения биологических практик, которые должны опираться на оценку и прогнозирование отдельных поведенческих факторов.

Определяющее значение в повышении готовности к биологизации в свете формирования устойчивых систем в сельском хозяйстве будет иметь заполнение трех пробелов: знаний, мотивов и организации применения. Важным звеном в продвижении биологических практик должно стать широкое использование стратегического подхода [17, с. 59] к управлению землепользованием, позволяющего обеспечить соответствие факторов внутренней среды производственным и инвестиционным системам посредством обучения и развития персонала.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Тамбовской области в рамках научного проекта № 19-410-680002.

Библиографический список

1. Вегрен С., Троцук И. В. Устойчиво ли промышленное сельское хозяйство в условиях климатических изменений и экологических угроз? // Экономическая социология. 2020. Т. 21. № 5. С. 12–38.
2. Жарников В. Б., Ларионов Ю. С., Конева А. В. Концепция биоземледелия и ее роль в развитии аграрного сектора страны // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2019. № 5 (14). С. 5–11.
3. Хлыстун В. Н. О стратегических целях, задачах и инструментах реализации современной земельной политики // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 3. С. 9–14.
4. Монахов С., Шиханова Ю., Потоцкая Л. Теоретические аспекты развития «зеленой» экономики в сельском хозяйстве России: экологизация сельскохозяйственного землепользования // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 10. С. 15–19.
5. Dubovitski A., Klimentova E., Nikitin A., Babushkin V., Goncharova N. [e-resource] Ecological and Economic Aspects of Efficiency of the Use of Land Resources // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 210. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/70/e3sconf_itse2020_11004/e3sconf_itse2020_11004.html (date of reference: 25.04.2022). DOI: 10.1051/e3sconf/202021011004.
6. Манжина С. А. Анализ обеспечения АПК России удобрениями // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 3 (27). С. 199–221.
7. Сеитов С. К. Эколого-экономическая эффективность субсидирования удобрений в сельском хозяйстве Казахстана // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 128–141.
8. Gliessman S. Evaluating the impact of agroecology // Agroecology and Sustainable Food Systems. 2020. No. 4 (8). Pp. 973–974. DOI: 10.1080/21683565.2020.1774110.
9. Гарманов В. В., Грик А. Р., Терлеев В. В., Осипов А. Г. Управление сельскохозяйственным землепользованием: управляемая подсистема // Вестник факультета землеустройства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 5. С. 5–11.
10. Шанин С. А., Шанина Е. Н. Базовые модели формирования рынка земли и системы земельных отношений // Белгородский экономический вестник. 2019. № 2 (94). С. 47–56.
11. Демидов П. В., Улезько А. В. Оценка условий воспроизводства сельскохозяйственных угодий // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 2 (46). С. 176–184.
12. Комов Н. В. О создании системы единого государственного управления земельными ресурсами России // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2019. № 1 (168). С. 5–8.
13. Dessart F. J., Barreiro-Hurlé J., Van Bavel R. Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: A policy-oriented review // European Review of Agricultural Economics. Oxford University Press. 2019. Vol. 46. Pp. 417–471. DOI: 10.1093/erae/jbz019.
14. Salaisook P., Faysse N., Tsusaka T. W. Reasons for adoption of sustainable land management practices in a changing context: A mixed approach in Thailand [e-resource] // Land Use Policy. 2020. Vol. 96. Article number

104676. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719317351?via%3Dihub> (date of reference: 25.04.2022). DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104676.

15. Неганова В. П., Дудник А. В. Готовность к инновациям в АПК региона как субъективный фактор инновационной активности // Экономика региона. 2019. Т. 15. Вып. 3. С. 880–892.

16. Пантелеева В. В., Кнышева Т. П. Опросник инновационной готовности персонала // Акмеология. 2016. № 3. С. 81–86.

17. Дубовицкий А. А., Климентова Э. А. Стратегия управления рациональным землепользованием в сельском хозяйстве // АПК: Экономика, управление. 2021. № 12. С. 53–59.

Об авторах:

Александр Алексеевич Дубовицкий¹, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и коммерции, ORCID 0000-0003-4542-1119, AuthorID 315247; +7 910 652-56-60, daa1-408@yandex.ru

Эльвира Анатольевна Климентова¹, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и коммерции, ORCID 0000-0001-7628-7181, AuthorID 343886; +7 910 652-56-50, klim1-408@yandex.ru

¹ Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

Readiness for biologization as a subjective factor of formation of sustainable land-utilization systems in agriculture

A. A. Dubovitskiy[✉], E. A. Klimentova¹

¹ Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

[✉]E-mail: daa1-408@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study was to examine the subjective factors that determine the behavior of the ones making the decisions in terms of biological processes in the format of ecological development of land-utilization.

Methodology and methods. The study was carried out using a survey of a representative selection of respondents, which included owners, managers and specialists of agricultural enterprises in the Tambov region. **Results.** Using a standardized methods of testing the core components of readiness for activity, it became possible to assess the overall level of readiness for biologization as sufficiently low. The most problematic components turned out to be: cognitive, motivational and organizational readiness, especially in comparison with relatively high rate of personal and emotional readiness. This can prevalently be related to the low level, and often the complete absence of knowledge of the theoretical background, regularities, mechanisms and possible effects of biologization. The analysis of the relationships between the behavioural parameters of the ones making the decisions about environmental improvements in land-utilization at the enterprise level made it possible to create a model of typology of behavior in the process of biologization. **The scientific novelty** lies in the justification of the need to shift priorities in managing the process of forming sustainable land use systems, from administrative regulation and directive intervention towards the use of methods to activate the introduction of biological practices, which should be based on the assessment and prediction of individual behavioral factors.

Keywords: stable development, agriculture, land-utilization, biologization, organic agriculture, readiness for action, subjective factor.

For citation: Dubovitskiy A. A., Klimentova E. A. Gotovnost' k biologizatsii kak sub'ektivnyy faktor formirovaniya ustoychivyykh sistem zemlepol'zovaniya [Readiness for biologization as a subjective factor of formation of sustainable land-utilization systems in agriculture] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-68-77. (In Russian.)

Date of paper submission: 29.04.2022, **date of review:** 12.05.2022, **date of acceptance:** 20.05.2022.

References

1. Vegren S., Trotsuk I. V. Ustoychivo li promyshlennoe sel'skoe khozyaystvo v usloviyakh klimaticheskikh izmeneniy i ekologicheskikh ugroz? [Is industrial agriculture sustainable in the conditions of climate change and environmental threats?] // Journal of Economic Sociology. 2020. No. 21 (5). Pp. 12–38. (In Russian.)

2. Zharnikov V. B., Larionov Yu. S., Koneva A. V. Kontseptsiya biozemledeliya i ee rol' v razvitiy agrarnogo sektora strany [The concept of biofarming and its role in the development of the agricultural sector of the country] // Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika. 2020. Vol. 25. No. 3. Pp. 241–250. (In Russian.)
3. Khlystun V. N. O strategicheskikh tselyakh, zadachakh i instrumentakh realizatsii sovremennoy zemel'noy politiki [On strategic goals, tasks and tools for the implementation of modern land policy] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2021. No. 3. Pp. 9–14. (In Russian.)
4. Monakhov S., Shikhanova Yu., Pototskaya L. Teoreticheskie aspekty razvitiya “zelenoy” ekonomiki v sel'skom khozyaystve Rossii: ekologizatsiya sel'skokhozyaystvennogo zemlepol'zovaniya [Theoretical aspects of the development of the “green” economy in agriculture in Russia: ecologization of agricultural land use] // Economics of Agriculture of Russia. 2019. No. 10. Pp. 15–19. (In Russian.)
5. Dubovitskiy A., Klimentova E., Nikitin A., Babushkin V., Goncharova N. [e-resource] Ecological and Economic Aspects of Efficiency of the Use of Land Resources // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 210. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/70/e3sconf_itse2020_11004/e3sconf_itse2020_11004.html (date of reference: 25.04.2022). DOI: 10.1051/e3sconf/202021011004.
6. Manzhina S. A. Analiz obespecheniya APK Rossii udobreniyami [Analysis of the provision of the agro-industrial complex of Russia with fertilizers] // Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2017. No. 3 (27). Pp. 199–221. (In Russian.)
7. Seitov S. K. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' subsidirovaniya udobreniy v sel'skom khozyaystve Kazakhstana [Ecological and economic efficiency of subsidizing fertilizers in agriculture of Kazakhstan] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. No. 4. Pp. 128–141. (In Russian.)
8. Gliessman S. Evaluating the impact of agroecology // Agroecology and Sustainable Food Systems. 2020. No. 4 (8). Pp. 973–974. DOI: 10.1080/21683565.2020.1774110.
9. Garmanov V. V., Grik A. R., Terleev V. V., Osipov A. G. Upravlenie sel'skokhozyaystvennym zemlepol'zovaniem: upravlyaemaya podсистема [Management of agricultural land use: a managed subsystem] // Vestnik fakul'teta zemleustroystva Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 5. Pp. 5–11. (In Russian.)
10. Shanin S. A., Shanina E. N. Bazovye modeli formirovaniya rynka zemli i sistemy zemel'nykh otnosheniy [Basic models of the formation of the land market and the system of land relations] // Belgorodskiy ekonomicheskii vestnik. 2019. No. 2 (94). Pp. 47–56. (In Russian.)
11. Demidov P. V., Ulez'ko A. V. Otsenka usloviy vosproizvodstva sel'skokhozyaystvennykh ugodyi [Assessment of conditions for reproduction of agricultural lands] // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2018. No. 2 (46). Pp. 176–184. (In Russian.)
12. Komov N. V. O sozdanii sistemy edinogo gosudarstvennogo upravleniya zemel'nymi resursami Rossii [On the creation of a system of unified state management of land resources of Russia] // Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'. 2019. No. 1 (168). Pp. 5–8. (In Russian.)
13. Dessart F. J., Barreiro-Hurlé J., Van Bavel R. Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: A policy-oriented review // European Review of Agricultural Economics. Oxford University Press. 2019. Vol. 46. Pp. 417–471. DOI: 10.1093/erae/jbz019.
14. Salaisook P., Faysse N., Tsusaka T. W. Reasons for adoption of sustainable land management practices in a changing context: A mixed approach in Thailand [e-resource] // Land Use Policy. 2020. Vol. 96. Article number 104676. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719317351?via%3Dihub> (date of reference: 25.04.2022). DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104676.
15. Neganova V. P., Dudnik A. V. Gotovnost' k innovatsiyam v APK regiona kak sub"ektivnyy faktor innovatsionnoy aktivnosti [Readiness for innovation in the agro-industrial complex of the region as a subjective factor of innovation activity] // Economy of regions. 2019. Vol. 15. No. 3. Pp. 880–892. (In Russian.)
16. Panteleeva V. V., Knysheva T. P. Oprosnik innovatsionnoy gotovnosti personala [Questionnaire of innovative readiness of personnel] // Akmeologiya. 2016. No. 3. Pp. 81–86. (In Russian.)
17. Dubovitskiy A. A., Klimentova E. A. Strategiya upravleniya ratsional'nym zemlepol'zovaniem v sel'skom khozyaystve [Strategy of rational land use management in agriculture] // AIC: economics, management. 2021. No. 12. Pp. 53–59. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr A. Dubovitskiy¹, candidate of economic sciences, associate professor of the department of economics and commerce, ORCID 0000-0003-4542-1119, AuthorID 315247; +7 910 652-56-60, daa1-408@yandex.ru

Elvira A. Klimentova, candidate of economic sciences, associate professor of the department of economics and commerce, ORCID 0000-0001-7628-7181, AuthorID 343886; +7 910 652-56-50, klim1-408@yandex.ru

¹ Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

Современное состояние и прогнозная модель развития аграрной структуры отечественного АПК

О. В. Исаева¹✉

¹ Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Россия

✉E-mail: olga.isaeva-84@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – анализ существующей и построение прогнозная модели развития различных форм агрохозяйствования и их сочетания, определяющих уровень производственного потенциала многоукладного сельского хозяйства страны. **Методы.** При проведении научных изысканий использовались такие методы, как монографический, эконометрический, экономических сопоставлений (сравнений), графических приемов, мониторинговых исследований, институционального и системного анализа. Для проведения прогнозных расчетов в качестве эмпирической базы исследования использовались статистические данные Росстата, Минсельхоза России и их региональных подразделений. **Научная новизна.** Автором предложена трендовая модель прогноза развития аграрной структуры России на 2030 г. Выделены важнейшие факторы современного развития отрасли, определяющие вероятное изменение аграрной структуры России в среднесрочной перспективе: нестабильность геополитического и торгово-экономического сотрудничества, а также усиление масштабов политики экономических санкций. **Результаты.** В статье рассмотрены основные современные тенденции развития многоукладной аграрной структуры, а также прогнозные параметры ее развития. Анализ показал, что современная аграрная структура России характеризуется тенденциями укрупнения и преобладанием сельскохозяйственных организаций и агрохолдинговых структур, на долю которых приходится почти 60 % сельхозпроизводства. Проведенные прогнозные расчеты позволяют говорить об усилении позиций крупного агробизнеса и развитии фермерского сектора с одновременным сокращением роли хозяйств населения на ближайшие 10 лет. Разработанная прогнозная картина развития аграрной структуры может служить вектором, определяющим основные направления совершенствования и корректировки механизмов и инструментов государственного регулирования и поддержки сельскохозяйственного сектора, обеспечивающих устойчивое развитие отрасли на инновационной основе.

Ключевые слова: аграрная структура, агропромышленный комплекс, прогнозная модель, государственное регулирование, многоукладность, факторы.

Для цитирования: Исаева О.В. Современное состояние и прогнозная модель развития аграрной структуры отечественного АПК // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 78–87. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-78-87.

Дата поступления статьи: 20.02.2022, **дата рецензирования:** 10.03.2022, **дата принятия:** 21.03.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В условиях изменчивости социально-экономической среды внутри страны, неустойчивой внешнеэкономической и геополитической систем для эффективного и стабильного развития аграрного сектора АПК России требуется непрерывная работа по анализу и поиску модели аграрной структуры, обеспечивающей продовольственную независимость государства и защиту экономических интересов страны. Формирование результативной аграрной структуры многоукладного сельского хозяйства требует понимания особенностей функционирования и изучения производственно-экономического потенциала развития, а также выявления возможных точек роста для каждой из форм хозяй-

ствования (крупных аграрных формирований, крестьянских (фермерских) хозяйств и хозяйств населения).

В целях проработки и корректировки отдельных направлений государственного регулирования и поддержки агропродовольственного сектора страны требуется понимание вероятной модели аграрной структуры на среднесрочную перспективу, отражающей рациональное соотношение различных форм агробизнеса. Следует учитывать, что прогнозная картина аграрной структуры во многом зависит от устоявшейся текущей картины развития, национальных особенностей и культурных традиций населения отдельных регионов.

Методология и методы исследования (Methods)

Научное изыскание проводилось на базе использования системного подхода с применением монографического метода, институционального и системного анализа, экономических сопоставлений (сравнений), графических приемов, мониторинговых исследований, эконометрических методов.

Исследование основано на статистических данных Федеральной службы государственной статистики и ее территориальных подразделений, данных Минсельхоза РФ и аналогичных структур по субъектам федеральных округов, результатов мониторинга Госпрограммы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2025 гг.

Результаты (Results)

Результаты постсоветских реформ и преобразований в системе собственности на земли сельскохозяйственного назначения обеспечили формирование многоукладной аграрной структуры, представленной совокупностью форм агробизнеса (сельхоз-

организации и агрохолдинговые формирования, индивидуальные предприниматели и крестьянские (фермерские) хозяйства, хозяйства населения) с различной производственной специализацией, уровнем эффективности и технологичности [1–4].

Рыночные трансформации последних 25 лет сформировали вектор развития аграрной структуры России в сторону укрупнения агрохозяйствующих субъектов и усиления позиций сельхозорганизаций и фермерского сектора [5–7]. По информации Росстата, в 2020 г. удельный вес сельскохозяйственных организаций (СХО) в общем производстве продукции сельского хозяйства составил 58,5 %; крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х), включая индивидуальных предпринимателей (ИП) – 14,9 %, тогда как в 2000 г. данный показатель составлял 45,2 % и 3,2 %, в 2010 г. – 44,8 % и 7,2 %, в 2015 г. – 54,0 % и 11,5 % соответственно. На рис. 1 показано изменение параметров аграрной структуры производства сельскохозяйственной продукции за последние 25 лет.

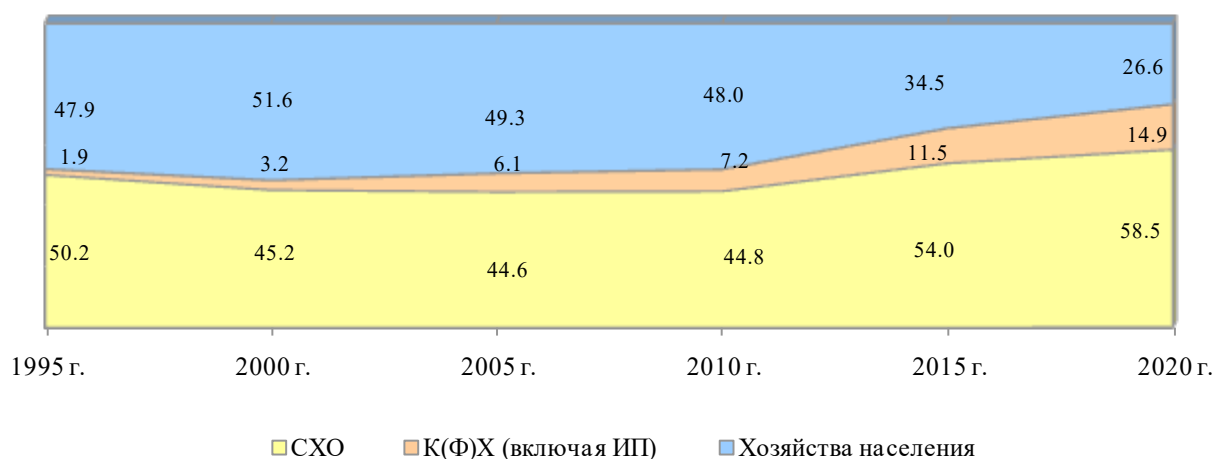


Рис. 1. Динамика структуры производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств РФ, %.
Источник: разработано по [8]

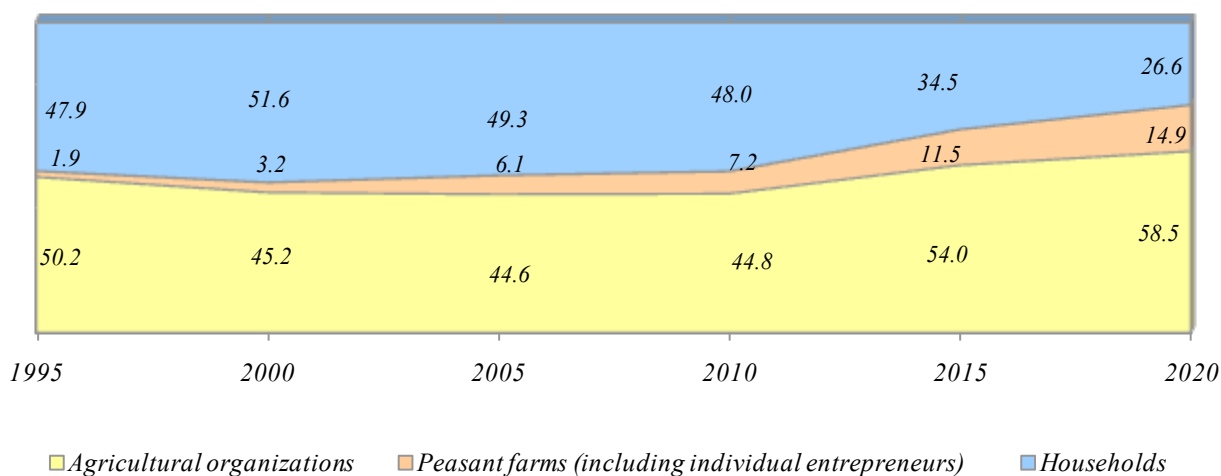


Fig. 1. Dynamics of the structure of agricultural production by categories of farms of the Russian Federation, %.
Source: developed by [8]

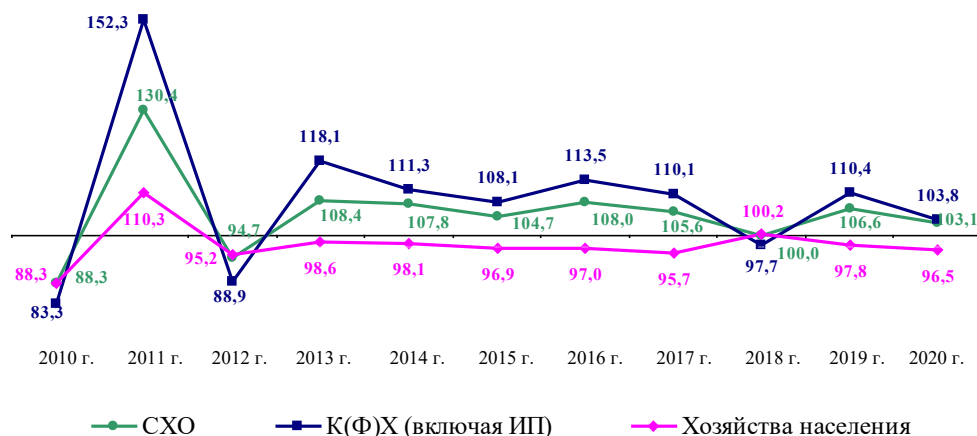


Рис. 2. Динамика изменения объемов производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств РФ в сопоставимых ценах (в процентах к предыдущему году).

Источник: разработано по [8]

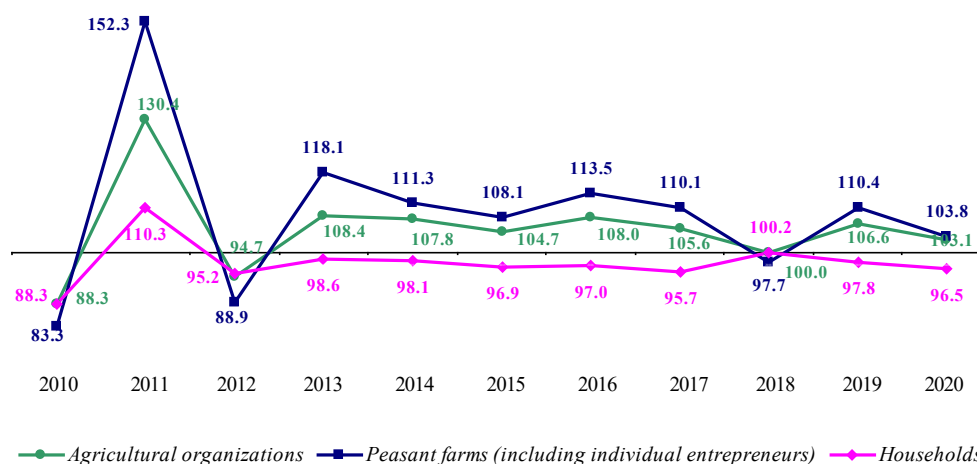


Fig. 2. Dynamics of changes in agricultural production volumes by categories of farms of the Russian Federation, in comparable prices (in % of the previous year).

Source: developed by [8]

При анализе динамики объемов производства продукции сельского хозяйства в разрезе форм хозяйствования наиболее активное развитие показал фермерский сектор, где средний рост производства за последние 11 лет составил 108,9 %, в том числе продукции растениеводства – 110,4 %, животноводства – 105,3 % (рис. 2). Сокращение объемов агропроизводства наблюдалось в 2010, 2012 и 2018 гг. Развитие сельскохозяйственных организаций характеризуется более стабильным положением и ежегодным ростом, исключение составили 2010 и 2012 гг., среднее значение индекса производства сельхозпродукции – 105,3 %. В хозяйствах населения ситуация диаметрально противоположная: идет ежегодное сокращение объемов производства сельскохозяйственной продукции, исключение составили 2018 г. (незначительный рост +0,2 %) и 2011 г. (+10,3 %). За период с 2010 г. по 2020 г. среднее значение индекса производства продукции составило 97,7 %, в том числе продукции растениеводства – 98,9 %, продукции животноводства – 96,9 %.

Современные тенденции развития субъектов агробизнеса во многом определены реалиями функционирования аграрной отрасли страны, которым в том числе характерен ряд системных проблем. К основным из них можно отнести следующие:

- высокая степень изношенности машинно-тракторного парка и материально-технической базы, что привело к снижению производственно-технического потенциала сельскохозяйственной отрасли;
- слабая гибкость и инертность системы государственного регулирования, несовершенство программ и мер господдержки, характеризующееся низкой приспособляемостью к быстро меняющимся геополитическим и экономическим условиям функционирования АПК, а также не учитывающее региональные особенности институциональной структуры агросектора;
- низкая платежеспособность, финансовая неустойчивость различных форм агрохозяйствования (особенно малых форм), рост их кредиторской задолженности, волатильность цен на продукцию сельского хозяйства и промышленности, что усиливает межотраслевой диспаритет цен;

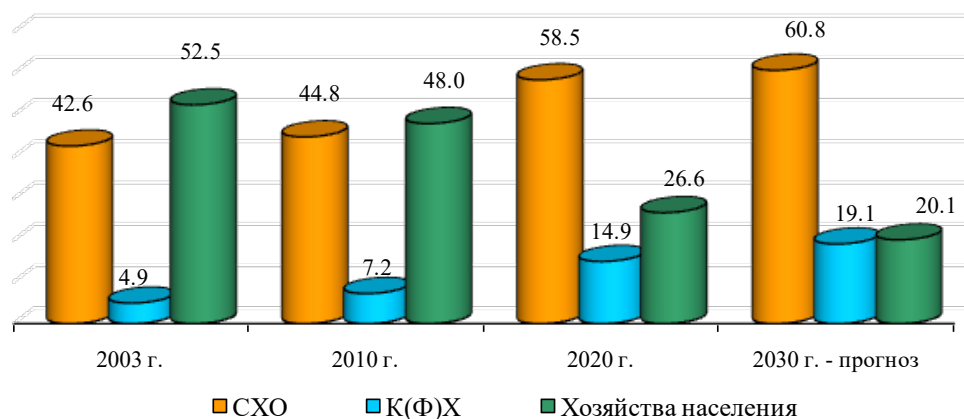


Рис. 3. Прогноз доли различных форм агрохозяйствования в производстве продукции сельского хозяйства в РФ в 2030 г., %.

Источник: разработано автором

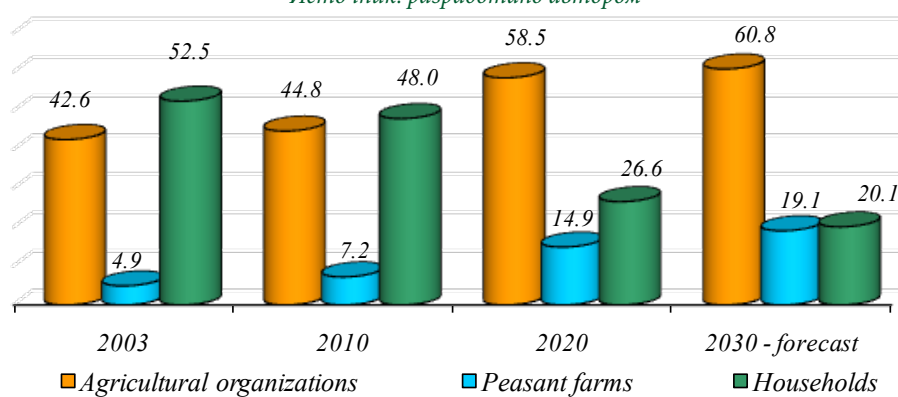


Fig. 3. Forecast of the share of various forms of agricultural management in the production of agricultural products in the Russian Federation in 2030, %.

Source: developed by the author

– низкая эффективность использования земельных ресурсов в части значительного выбытия и недостаточного ввода в производственный оборот земель сельхозназначения;

– острый дефицит высококвалифицированных кадров аграрного профиля с практическими знаниями технологических агроинноваций;

– невысокий научно-технический потенциал отечественной аграрной науки, слабое взаимодействие государства, частного агробизнеса и научно-образовательных учреждений в части выделения наиболее актуальных инноваций, соответствующих рыночным потребностям;

– слабое развитие органического земледелия, являющегося одним из наиболее перспективных направлений устойчивого развития АПК и способного решить ряд социальных, экономических и экологических задач;

– существующая импортозависимость отрасли от зарубежного посадочного материала (по отдельным культурам) и низкий уровень развития отечественной системы селекции и семеноводства;

– отсутствие эффективной системы сельскохозяйственной потребительской кооперации как института взаимодействия представителей малых

форм агрохозяйствования между собой, а также с крупными агроструктурами посредством их вовлечения в различные форматы сотрудничества;

– значительная дифференциация сельских территорий по уровню и качеству жизни населения, что сказывается на обеспеченности и доступности услуг социальной сферы, усилению информационного и инновационного разрыва между городом и селом и приводит к оттоку трудоспособного населения из села.

Нерешенность вышеназванных проблем не позволит обеспечить сельскохозяйственной отрасли прогрессивный рывок по ее переходу на инновационную и технико-технологическую основу, соответствующую уровню высокоразвитых аграрных стран. Системные проблемы и особенности развития аграрной отрасли страны во многом будут определять ее прогнозные тенденции на ближайшие 5–7 лет.

Как показывают исследования, возможные прогнозные картины развития аграрной структуры на среднесрочную перспективу являются основой выбора тех или иных направлений государственного управления и регулирования социально-экономической системы страны, могут обеспечить эффек-

тивность и результативность национальных проектов и программ развития сельского хозяйства на федеральном и региональном уровнях [9–12]. В этой связи вопрос разработки и прогнозных моделей развития многоукладного сельского хозяйства является весьма актуальным направлением исследований, требующим постоянных корректировок с учетом изменений исходных параметров прогнозирования. Прогнозные расчеты дают возможность выявить тенденции, соотношение и диспропорции, ограничения, ресурсы и приоритетность направлений социально-экономической политики, ключевые задачи и конечные цели принятия управленческих решений в части совершенствования системы государственного управления и регулирования аграрной отрасли [13; 14].

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что вследствие реализации государственной аграрной политики в рамках утвержденных национальных программ и стратегий отмечаются некоторые изменения институциональной структуры аграрного сектора АПК России. Результаты прогнозных расчетов определили возможную аграрную структуру отечественного сельского хозяйства со смещением акцентов в сторону крупного агробизнеса (рис. 3).

Согласно прогнозам, к 2030 г. в структуре агросектора страны произойдут некоторые изменения. Наиболее вероятен рост удельного веса сельскохозяйственных организаций в производстве продукции сельского хозяйства, который составит 60,8 %, что на 3,9 % выше уровня 2020 г. Малыми формами хозяйствования предположительно будет производиться 39,2 % аграрной продукции против 41,5 % в 2020 г. При этом прогнозируются усиление роли К(Ф)Х, доля которых увеличится на 28,2 % и составит 19,1 %, и сокращение масштабов производства ЛПХ до 20,1 % общероссийского производства сельскохозяйственной продукции. Во многом данные тенденции обусловлены итогами реализации государственной программы поддержки малого агробизнеса (фермеров и сельской кооперации), что определило динамику трансформационных тенденций развития фермерского сектора.

В региональном аспекте прогнозная картина развития многоукладного аграрного сектора несколько отличается. В Южном федеральном округе при сохранении удельного веса СХО в производстве сельхозпродукции предположительно усилятся позиции К(Ф)Х, доля которых составит 31,7 % (+6,1 пп. от 2020 г.). В Ростовской области прогнозируется преобладание малых форм агрохозяйствования в общеобластном сельхозпроизводстве (51,6 %). При этом с большой долей вероятности будет происходить расширение масштабов производства фермерского сектора и сокращение ЛПХ,

доля которых к 2030 г. предположительно составит 32,4 % и 19,2 % соответственно.

Проведены прогнозные расчеты отраслевой структуры производства продукции сельского хозяйства в России и получены следующие результаты (рис. 4):

- в структуре производства растениеводческой продукции по-прежнему вероятно лидерство крупных и средних сельскохозяйственных организаций, доля которых в целом по стране предположительно увеличится к 2030 г. до 59,4 % (+3,4 пп. к 2020 г.);

- по прогнозным оценкам в целом по стране неоспоримо преимущество крупного и среднего агробизнеса в производстве животноводческой продукции (68,9 % против 61,8 % в 2020 г.);

- для фермерского сектора прогнозируется рост доли в производстве как растениеводческой, так и животноводческой продукции в диапазоне 1,9–7,1 пп.;

- прогнозируемая доля ЛПХ в структуре растениеводческой отрасли может сократиться с 22,1 до 11,6 % в РФ, в животноводческой отрасли – на 9 пп. Тенденция сокращения объемов агропроизводства хозяйствами населения во многом объяснима такими проблемами, как отсутствие налаженной системы сбыта, логистической инфраструктуры, малодоступная для хозяйств населения система ветеринарно-санитарных норм и правил и пр.

Прогнозные расчеты производства основных видов продукции растениеводства позволяют говорить о сохранении курса наращивания объемов производства. Согласно расчетам, в период до 2030 г. производство зерновых и зернобобовых культур в стране может увеличиться на 24,3 %, подсолнечника – на 34,3 %, овощей – на 8,5 %, картофеля – на 15,7 %, составив 165 869,6 тыс. т, 18 891,9 тыс. т, 15 036,3 тыс. т и 22 676,9 тыс. т соответственно. Прогнозируемые высокие темпы роста валового сбора зерновых и зернобобовых культур и подсолнечника во многом обеспечены не только благоприятными погодными условиями, но и потенциалом получения высоких экономических результатов.

Доминирующую роль в производстве зерновых и зернобобовых культур и подсолнечника, как и прежде, будут играть крупные и средние сельскохозяйственные организации, на долю которых, несмотря на незначительное сокращение, предположительно будет приходиться 67,1 % и 63,7 % соответственно; основными производителями овощей и картофеля останутся малые формы агрохозяйствования (69,4 % и 78,0 % соответственно), однако значительная доля произведенной продукции будет сосредоточена, согласно прогнозам, в хозяйствах населения: 44,0 % – овощей, 60,9 % – картофеля. Следует отметить, что прогнозируется усиление

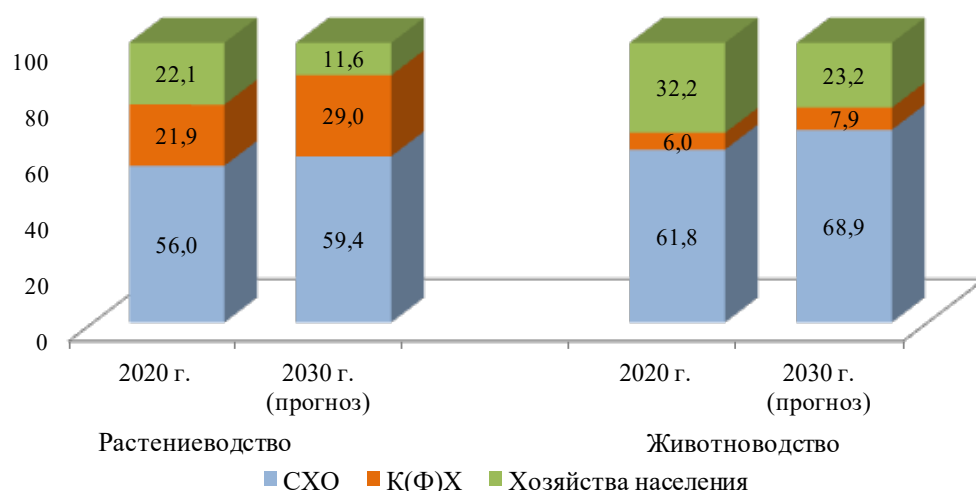


Рис. 4. Прогнозная модель отраслевой аграрной структуры России на 2030 г., %.
Источник: разработано автором

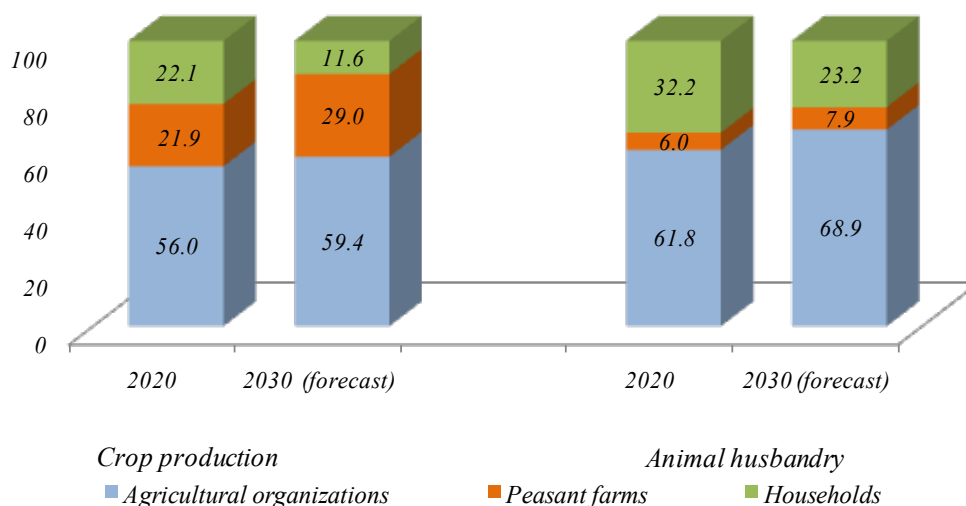


Fig. 4. Forecast model of the sectoral agricultural structure of Russia for 2030, %.
Source: developed by the author

позиций фермерства в производстве основных видов продукции растениеводства.

Наиболее сложной и уязвимой отраслью отечественного АПК является животноводство. Разработанные и реализуемые государственные программы поддержки агросектора на различных уровнях власти обеспечили тенденции расширения масштабов производства животноводческой продукции, что, в свою очередь, позволяет говорить о возможном росте объемов производства основных видов животноводческой продукции на среднесрочную перспективу. Так, к 2030 г. в разрезе животноводческих подотраслей рост может составить от 0,4 % в производстве яиц до 13,8 % в производстве скота и птицы на убой (в убойном весе).

Прогнозные параметры производства основных видов животноводческой продукции в сельхозорганизациях на 2030 г. свидетельствуют о возможном росте производства скота и птицы на убой (в убойном весе) на 21,6 %, молока – на 5,3 %, яиц – на

2,2 % от фактического показателя 2020 г. С большой долей вероятности для СХО будет характерно сокращение объемов производства шерсти на 9,9 %. Для фермерского сектора прогнозируются более значительные темпы роста производственных показателей, для ЛПХ – сокращение производства основных видов животноводческой продукции, в особенности мясной.

Согласно прогнозным расчетам, ключевым производителем молока по-прежнему будут крупные и средние сельхозорганизации, применяющие в своей деятельности технологические новинки и инновации в процессе кормления, содержания сельскохозяйственных животных, поддержания и обновления генофонда стада и пр. На долю СХО к 2030 г. предположительно будет приходиться 55,5 % общероссийского производства молока, что соответствует фактическому показателю 2020 г. Удельный вес фермерского сектора в структуре производства данного вида продовольствия с большой долей вероятности

увеличится с 8,8 % в 2020 г. до 11,3 % в 2030 г. за счет сокращения производства молока в хозяйствах населения. Прогнозируется доминирование сельскохозяйственных организаций в производстве скота и птицы на убой (в убойном весе) и яиц, на долю которых будет приходиться 86,2 % (+5,5 пп. к 2020 г.) и 82,3 % (+1,6 пп. к 2020 г.) соответственно.

Результаты разработанной автором прогнозной картины развития аграрного сектора АПК страны позволяют сделать следующие выводы:

- на среднесрочную перспективу прогнозируется сохранение многоукладного сельского хозяйства с дифференциацией регионов по значимости различных форм агрохозяйствования в производстве сельскохозяйственной продукции;

- отмечается общая прогнозируемая тенденция усиления позиций СХО и К(Ф)Х в производстве сельскохозяйственной продукции с одновременным сокращением доли хозяйств населения, в том числе по отраслям животноводства и растениеводства;

- в отдельных регионах страны будет продолжаться активное развитие фермерского сектора, например, в Южном федеральном округе на долю К(Ф)Х предположительно будет приходиться порядка 30–32 % агропроизводства, что почти в два раза превышает общероссийский показатель.

Как показывают исследования, формирование отечественной аграрной структуры будет происходить под влиянием различного рода факторов [15; 16]. В настоящее время большое значение для экономики страны, в том числе аграрного сектора, имеет геополитическое и торгово-экономическое сотрудничество. Тенденция усиливающейся глобализации торговых отношений, а также расширение масштабов политики экономических санкций во многом корректируют условия производственной деятельности российского бизнеса, оказывая разнонаправленное воздействие. К плюсам можно отнести появление новых торговых партнеров и расширение международных рынков сбыта сельскохозяйственного сырья и агропродовольствия.

Негативное влияние оказало взаимное введение санкций России и отдельных стран Запада и планомерное их расширение, что привело:

- к разрушению уже налаженных связей и каналов поставки импортной техники, технологий, семян, удобрений при отсутствии отечественных аналогов, схожих по качественным характеристикам;
- девальвации национальной валюты;
- усилению инфляционных процессов и удорожанию материально-технических ресурсов и современных инновационных технологий;
- снижению инвестиционной привлекательности российской аграрной отрасли как для иностранных, так и для отечественных инвесторов и др.

При усилении влияния вышеуказанных негативных факторов или возникновении новых не исключена вероятность снижения прогнозируемых темпов роста или даже сокращения сельскохозяйственного производства, что может привести к ослаблению продовольственной безопасности страны и сокращению экспортного присутствия на международных агропродовольственных рынках.

В этом случае формирование оптимальной модели аграрной структуры страны будет определяться эффективностью и комплексным подходом проработки государственной агропродовольственной политики, направленной на формирование высококонкурентного аграрного производства инновационно-технологического типа; своевременностью и актуальностью мер и направлений государственного регулирования для преодоления негативных тенденций развития отрасли; объемом бюджетных финансовых средств, выделяемых на поддержку многоукладного сельского хозяйства, его технической модернизации, развитие рыночной инфраструктуры и логистики, решение социально-экономических проблем сельских территорий; обеспечением благоприятного инвестиционного климата и защиты интересов потенциальных инвесторов и пр.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Прогнозируемые тенденции развития аграрной структуры свидетельствуют о сохранении общей тенденции укрупнения агробизнеса в среднесрочной перспективе с одновременным снижением доли малого сектора агропроизводства. При этом для отдельных субъектов РФ будет характерно сохранение мелкотоварного фермерского и личного подсобного сектора сельского хозяйства.

Исследования по теме свидетельствуют о том, что сельскохозяйственный сектор экономики особенно остро реагирует на существующую в последние годы нестабильность международных экономических отношений и геополитические кризисы, что зачастую негативно влияет на условия хозяйствования агробизнеса, а также может провоцировать нехарактерные резкие изменения аграрной структуры страны. Решение негативных проблем развития сельскохозяйственного сектора определяет необходимость корректировки существующих механизмов и инструментов управления, учитывающих особенности развития различных форм агрохозяйствования, что в итоге будет способствовать повышению устойчивости и конкурентоспособности как крупных агрохолдинговых структур и сельскохозяйственных организаций, так и представителей малого агробизнеса. При этом разрабатываемая прогнозная картина аграрной структуры поможет определить вектор проводимых изменений государственного управления и регулирования АПК на среднесрочную перспективу.

Библиографический список

1. Исаева О. В. Многоукладность аграрного сектора экономики: ключевые проблемы и факторы развития [Электронный ресурс] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11. № 2. С. 234–254. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1207> (дата обращения: 19.02.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-234-254.
2. Карлова Н. А., Шик О. В., Серова Е. В., Янбых Р. Г. Состояние российского аграрного сектора: производство, структура производителей, торговля, политика и новые вызовы // Russland-Analysen. 2020. № 395. С. 3–9.
3. Узун В. Я., Шагайда Н. И. Оценка влияния институциональных и структурных изменений на развитие аграрного сектора России // Вопросы экономики. 2019. № 4. С. 39–58. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-4-39-58.
4. Овчинников О. Г. Современные тенденции развития аграрного сектора и аграрной политики: аграрная политика в России и США до пандемии // США и Канада: экономика, политика, культура. 2021. № 10. С. 43–62. DOI: 10.31857/S268667300016897-6.
5. Исаева О. В. Аграрная структура Ростовской области: уровень развития и механизмы управления // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 80–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-80-90.
6. Петриков А. В. Новые тенденции в развитии сельского хозяйства и приоритеты аграрной политики в России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2021. Т. 230. № 4. С. 275–284. DOI: 10.38197/2072-2060-2021-230-4-275-284.
7. Кекелева С. В. Структурные сдвиги в аграрном секторе в деятельности фермеров и индивидуальных предпринимателей // Экономика сельского хозяйства России. 2021. № 1. С. 66–71. DOI: 10.32651/211-66.
8. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 25.01.2022).
9. Иванова В. Н., Серегин С. Н. О проекте стратегии развития АПК России на период до 2030 года // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 7. С. 2–7.
10. Пивень И. Г. Социально-экономическое развитие Краснодарского края в период кризиса: стратегия развития до 2030 года, вызовы, возможности, перспективы // Экономика и предпринимательство. 2020. № 9 (122). С. 349–352. DOI: 10.34925/EIP.2020.122.9.072.
11. Шестаков Р. Б., Ловчикова Е. И. Обоснование прогнозов в аграрном производстве и проблемы их актуальной имплементации (на примере Орловской области) // Вестник аграрной науки. 2020. № 3 (84). С. 159–166. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.159.
12. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года: монография / А. Г. Папцов, А. И. Алтухов, Н. И. Кашеваров и [др.]. Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2019. 100 с.
13. Altukhov A. I., Semkin A. G., Bykov V. G., Piatinskiy A. S. Strategic areas of distribution and specialization in terms of development of the management of agricultural production // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 198. Pp. 805–815. DOI: 10.1007/978-3-030-69415-9_92.
14. Косенчук О. В. Стратегический подход к многофункциональному развитию сельского хозяйства и аграрных территорий // Экономика и предпринимательство. 2019. № 11 (112). С. 306–311.
15. Uzun V., Shagaida N., Lerman Z. Russian agriculture: growth and institutional challenges // Land Use Policy. 2019. Vol. 83. Pp. 475–487. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.02.018.
16. Isaeva O., Kabanenko M., Chistyakov A., Dubrova L., Filin N. The key factors for development of Russian agricultural enterprises of various business patterns [e-resource] // XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. E3S Web Conf. 2020. Vol. 175. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf_interagromash2020_13022/ (date of reference: 15.02.2022). DOI: 10.1051/e3sconf/202017513022.

Об авторе:

Ольга Викторовна Исаева¹, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник,
ORCID 0000-0002-6022-9945, AuthorID 1056517; +7 928 959-84-05, olga.isaeva-84@yandex.ru

¹ Федеральний Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Россия

The modern state and forecast model of the development of the agrarian structure of the domestic agro-industrial complex

O. V. Isaeva¹✉

¹ Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russia

✉ E-mail: olga.isaeva-84@yandex.ru

Abstract. Purpose. The purpose of the research is to analyze the existing and build a forecast model for the development of various forms of agricultural management and their combination, which determine the level of production potential of the country's multicultural agriculture. **Methods.** When conducting scientific research, such methods as: monographic, economic comparisons, graphic techniques, monitoring studies, institutional and system analysis, econometric research methods were used. Statistical data of Rosstat, the Ministry of Agriculture of Russia and their regional divisions were used as an empirical basis for carrying out forecast calculations. **Scientific novelty.** The author proposes a trend model for forecasting the development of the agrarian structure of Russia for 2030. The most important factors of the modern development of the industry that determine the likely change in the agrarian structure of Russia in the medium term: instability of geopolitical and trade and economic cooperation, as well as the strengthening of the scale of the policy of economic sanctions are highlighted. **Results.** The article discusses the main current trends in the development of a multi-layered agricultural structure, as well as the forecast parameters of its development. The analysis showed that the modern agrarian structure of Russia is characterized by trends of consolidation and the predominance of agricultural organizations and agroholding structures, which account for almost 60% of agricultural production. The forecast calculations carried out allow us to talk about the strengthening of the positions of large agribusiness and the development of the farming sector with a simultaneous reduction in the role of households for the next 10 years. The developed forecast picture of the development of the agrarian structure can serve as a vector determining the main directions of improvement and adjustment of mechanisms and instruments of state regulation and support of the agricultural sector, ensuring the sustainable development of the industry on an innovative basis.

Keywords: agrarian structure, agro-industrial complex, forecast model, state regulation, diversity, factors.

For citation: Isaeva O. V. Sovremennoye sostoyaniye i prognoznaya model' razvitiya agrarnoy struktury otechestvennogo APK [The modern state and forecast model of the development of the agrarian structure of the domestic agro-industrial complex] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 78–87. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-78-87. (In Russian.)

Date of paper submission: 20.02.2022, **date of review:** 10.03.2022, **date of acceptance:** 21.03.2022.

References

1. Isaeva O. V. Mnogoukladnost' agrarnogo sektora ekonomiki: klyuchevyye problemy i faktory razvitiya [Multi-layers of the agrarian sector of economy: key problems and development factors] [e-resource] // Scientific journal of Russian Scientific Research Institute of land improvement problems. 2021. Vol. 11. No. 2. Pp. 234–254. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1207> (date of reference: 19.02.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-234-254. (In Russian.)
2. Karlova N. A., Shik O. V., Serova E. V., Yanbykh R. G. Sostoyaniye rossiyskogo agrarnogo sektora: proizvodstvo, struktura proizvodeley, trgovlya, politika i novyye vyzovy [Der aktuelle zustand der russischen landwirtschaft: produktion, betriebsstruktur, handel, politik und neue herausforderungen] // Russland-Analysen. 2020. No. 395. Pp. 3–9. (In Russian.)
3. Uzun V. Ya., Shagaida N. I. Otsenka vliyaniya institutsional'nykh i strukturnykh izmeneniy na razvitiye agrarnogo sektora Rossii [Evaluation of the impact of institutional and structural changes on the development of the Russian agricultural sector] // Voprosy Ekonomiki. 2019. No. 4. Pp. 39–58. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-4-39-58. (In Russian.)
4. Ovchinnikov O. G. Sovremennyye tendentsii razvitiya agrarnogo sektora i agrarnoy politiki: agrarnaya politika v Rossii i SShA do pandemii [Current trends in the agricultural sector and agricultural policy development: agricultural policy in Russia and the USA before the pandemic] // USA & Canada: economics, politic, culture. 2021. No. 10. Pp. 43–62. DOI: 10.31857/S268667300016897-6. (In Russian.)

5. Isaeva O. V. Agrarnaya struktura Rostovskoy oblasti: uroven' razvitiya i mekhanizmy upravleniya [Agrarian structure of the Rostov region: level of development and governance mechanisms] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 80–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-80-90. (In Russian.)
6. Petrikov A. V. Novyye tendentsii v razvitii sel'skogo khozyaystva i priority agrarnoy politiki v Rossii [New trends in the development of agriculture and priorities of agricultural policy in Russia] // Scientific Works of the Free Economic Society of Russia. 2021. Vol. 230. No. 4. Pp. 275–284. DOI: 10.38197/2072-2060-2021-230-4-275-284. (In Russian.)
7. Kekeleva S. V. Strukturnyye sdvigi v agrarnom sektore v deyatelnosti fermerov i individual'nykh predprinimateley [Structural changes in the agricultural sector in the activities of farmers and individual entrepreneurs] // Economics of Agriculture of Russia. 2021. No. 1. Pp. 66–71. DOI: 10.32651/211-66. (In Russian.)
8. Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki [Official website of the Federal State Statistics Service] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (date of reference: 25.01.2022). (In Russian.)
9. Ivanova V. N., Seregin S. N. O proekte strategii razvitiya APK Rossii na period do 2030 goda [About the draft strategy of development of agro-industrial complex of Russia for the period till 2030] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2018. No. 7. Pp. 2–7. (In Russian.)
10. Piven I. G. Sotsial'no-ekonomicheskoye razvitiye Krasnodarskogo kraya v period krizisa: strategiya razvitiya do 2030 goda, vyzovy, vozmozhnosti, perspektivy [Socio-economic development of the Krasnodar territory during the crisis: development strategy until 2030, challenges, opportunities, prospects] // Journal of Economy and Entrepreneurship. 2020. No. 9 (122). Pp. 349–352. DOI: 10.34925/EIP.2020.122.9.072. (In Russian.)
11. Shestakov R. B., Lovchikova E. I. Obosnovaniye prognozov v agrarnom proizvodstve i problemy ikh aktual'noy implementatsii (na primere Orlovskoy oblasti) [Justification of agricultural production forecasts and problems of their relevant implementation (on the example of the Orel region)] // Bulletin of Agrarian Science. 2020. No. 3 (84). Pp. 159–166. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.159. (In Russian.)
12. Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya otrasli rasteniyevodstva, vklyuchaya semenovodstvo i organicheskoye zemledeliye Rossii, v period do 2030 goda: monografiya [Forecast of scientific and technological development of the crop industry, including seed production and organic farming in Russia, in the period up to 2030: monograph] / A. G. Paptsov, A. I. Altukhov, N. I. Kashevarov et al.. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University, 2019. 100 p. (In Russian.)
13. Altukhov A. I., Semkin A. G., Bykov V. G., Piatinskiy A. S. Strategic areas of distribution and specialization in terms of development of the management of agricultural production // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 198. Pp. 805–815. DOI: 10.1007/978-3-030-69415-9_92.
14. Kosenchuk O. V. Ctrategicheskii podkhod k mnogofunktsional'nomu razvitiyu sel'skogo khozyaystva i agrarnykh territoriy [Strategic approach to the multifunctional development of agriculture and agricultural territories] // Journal of Economy and Entrepreneurship. 2019. No. Pp. 306–311. (In Russian.)
15. Uzun V., Shagaida N., Lerman Z. Russian agriculture: growth and institutional challenges // Land Use Policy. 2019. Vol. 83. Pp. 475–487. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.02.018.
16. Isaeva O., Kabanenko M., Chistyakov A., Dubrova L., Filin N. The key factors for development of Russian agricultural enterprises of various business patterns [e-resource] // XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. E3S Web Conf. 2020. Vol. 175. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf_interagromash2020_13022/e3sconf_interagromash2020_13022.html (date of reference: 15.02.2022). DOI: 10.1051/e3sconf/202017513022.

Author's information:

Olga V. Isaeva¹, candidate of economic sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-6022-9945, AuthorID 1056517; +7 928 959-84-05, olga.isaeva-84@yandex.ru

¹ Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russia

К 50-летию доклада Римскому клубу «Пределы роста». Потенциал России в решении мировой продовольственной проблемы

Ю. А. Овсянников¹✉

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: ovs122333@yandex.ru

Аннотация. В работе проведен анализ роли производства зерна в обеспечении населения планеты продуктами питания. Этот вопрос рассматривается в аспекте первого доклада Римскому клубу «Пределы роста». Он был выполнен 50 лет назад, что явилось поводом для оценки сделанных прогнозов и анализа состояния уровня продовольственной безопасности. **Цель исследования** – оценка уровня продовольственной безопасности населения планеты и анализ роли отдельных стран в решении этой проблемы. **Научная новизна** состояла в комплексном изучении актуальных статистических материалов, отражающих потенциал России в увеличении мирового производства зерна и решении мировой продовольственной проблемы. Для этого были проведен анализ роста численности населения на планете и темпов увеличения объемов производства зерна в период с 2011 по 2020 гг., урожайности зерновых культур и возможности ее увеличения в разных странах, в том числе в России. Было определено, что за эти годы мировой сбор зерна увеличивался более быстрыми темпами, чем численность населения. Данные показатели составили соответственно 10,8 и 18,1 %. При этом рост производства пшеницы, которая является основой для производства продуктов питания, составил только 8,9 %. В статье оценивается роль отдельных стран, в том числе России, в решении мировой продовольственной проблемы. **Методы.** Исследование проводилось с использованием системного, статистического и исторического анализа, а также методов сопоставления и обобщения. **Результаты.** На основании проведенного анализа делается вывод, что потенциал ряда стран в увеличении производства зерна исчерпан. Это проявляется в отсутствии положительной динамики в продуктивности сельскохозяйственных культур. В то же время в России в рассматриваемый период урожайность зерновых увеличилась на 26 %. Был сделан анализ возможности увеличения производства зерна в России за счет более эффективного использования земельных ресурсов. Он показал, что Россия в этом направлении имеет значительные преимущества по сравнению с другими странами. **Практическое значение** работы состоит в том, что результаты сделанного анализа могут быть использованы при определении направлений развития аграрной отрасли, оценке России в решении мировой продовольственной проблемы, разработке и оценке моделей глобального развития, а также в образовательной деятельности.

Ключевые слова: Римский клуб, глобальные проблемы, мировая продовольственная проблема, численность населения, производство продуктов питания, зерно, зерновые культуры, урожайность, сбор зерна, пахотные угодия, площадь сельскохозяйственных угодий, минеральные удобрения, заброшенные земли.

Для цитирования: Овсянников Ю. А. К 50-летию доклада Римскому клубу «Пределы роста». Потенциал России в решении мировой продовольственной проблемы // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 88–98. DOI:10.32417/1997-4868-2022-219-04-88-98.

Дата поступления статьи: 10.02.2022, **дата рецензирования:** 18.02.2022, **дата принятия:** 03.03.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Прошло ровно 50 лет с момента появления первого доклада Римскому клубу. Он получил название «Пределы роста» (1972). Доклад был составлен по результатам исследований, выполненных под руководством Д. Медоуз. Его группа на основе метода системной динамики Дж. Форрестера разработала математическую модель развития мировой экономической системы на ближайшую истори-

ческую перспективу. В работе учитывались такие основные параметры, как обеспеченность природными ресурсами, состояние экономики и сельскохозяйственного сектора, численность населения, а также загрязнение окружающей среды. В результате изучения поведения модели при различных сочетаниях значений ее компонентов авторы пришли к выводу, что наше общество в обозримом будущем столкнется с целым рядом проблем, которые будут

ограничивать развитие мировой экономической системы. Общий вывод состоял в том, что мы при определении стратегий своего развития должны учитывать потенциал биосферы и социально-политические последствия принимаемых решений. В качестве основных угроз для человеческого общества были определены истощаемость природных ресурсов, обострение энергетических проблем, рост численности населения планеты, загрязнение окружающей среды и социальные последствия неограниченного потребления.

Одним из компонентов модели развития мировой экономической системы стала обеспеченность продуктами питания. Параметры системы оказывали очень сильное влияние на этот показатель. В соответствии с расчетами было показано, что основными причинами недостаточного обеспечения населения планеты продовольствием в ближайшем столетии будут увеличение численности населения, уменьшение площади сельскохозяйственных земель и загрязнение окружающей среды.

Выводы, сделанные группой Д. Медоуза, полностью соответствовали результатам аналогичной работы, которая ранее была проведена Дж. Форрестером. В дальнейшем полученные результаты многократно подвергались критике, проверке и уточнению. Однако в целом содержательная часть выводов, сформулированных группой Д. Медоуза, осталась неизменной. Критические замечания по докладу «Пределы роста» высказываются и в настоящее время. Чаще всего они затрагивают отдельные детали, которые не были учтены при составлении математической модели глобального мира. Так, например, А. Л. Гринин отмечает, что авторами работы были недооценены возможности научно-технического прогресса в решении проблем загрязнения окружающей среды и использования ресурсов планеты [1, с. 82].

После того как результаты моделирования оказались достоянием мировой общественности, резко возрос интерес к обозначенным проблемам. Они стали рассматриваться как мировые, или глобальные. Первоначально к таким проблемам относились истощаемость природных ресурсов, изменение климата, вырубка лесов, сокращение видового разнообразия, загрязнение окружающей среды и недостаточное продовольственное обеспечение. Таким образом, именно осознание важности экологических проблем в общепланетарном масштабе способствовало формированию сущности понятия «глобальность». Были определены критерии глобальности. В соответствии с ними к глобальным проблемам относятся те, которые затрагивают интересы всех государств, оказывают влияние на все стороны существования человеческого общества (здоровье человека, экономика, культура, политика) и решение которых возможно только на основе широкого международного сотрудничества.

В конце XX в. у некоторой части мирового сообщества возникла надежда, что если мы найдем способы решения перечисленных проблем, то человечество найдет пути своего бесконфликтного развития. Позднее появились предложения о необходимости создания условий для устойчивого социально-экономического развития. Однако постепенно количество глобальных проблем не только не сократилось, а, наоборот, стало накапливаться. В настоящее время их общее число достигло нескольких десятков, даже появилась необходимость их классификации [2; 3].

По истечении значительного периода времени с момента представления доклада и завершения фазы активного обсуждения результатов моделирования глобального развития можно отметить, что на фоне некоторых успехов, наблюдаемых в отдельных странах в решении вопросов потребления ресурсов, энергии и утилизации отходов, в целом отрицательное воздействие человека на окружающую среду сохраняется. Климат меняется, площадь полных лесов сокращается, темпы использования ресурсов, население планеты и уровень ее загрязнения увеличиваются. Мировое сообщество постепенно приближается к границе, когда использование воды и других природных ресурсов может быть причиной обострения межгосударственных отношений.

Нет никаких сомнений, что число глобальных проблем, с которыми придется столкнуться человечеству, с течением времени будет увеличиваться. Подтверждением этому служат беспрецедентная трансформация планеты и безответственное вмешательство человека в генетические коды живых организмов. Все это происходит на фоне усугубления цивилизационных противоречий, миграционного кризиса, несоответствия между темпами развития научно-технического прогресса и формированием в обществе морально-этических устоев. Уже сейчас становится ясно, что цивилизация вступила в информационный период своего развития. Широкое использование современных информационных устройств и технологий наряду с положительными моментами в разных сферах деятельности человека несет и потенциальные опасности как для отдельных личностей, так и для общества в целом. Последствия этих процессов, проявившихся в виде целого комплекса проблем, также имеют все признаки глобальных.

Одним из проявлений глобальных проблем необходимо рассматривать и возникновение пандемии COVID-19. Она быстро распространилась по всему миру и стала причиной снижения экономического развития практически во всех странах. Уровень падения экономики в 2020 г. в развитых странах составил 5,4 %, в России – 3,0 % [4, с. 5]. Этот пример наглядно показывает, к каким последствиям могут приводить возникающие глобальные проблемы.

Как было указано выше, состояние сельскохозяйственного сектора и обеспечение населения планеты продуктами питания являлось частью глобальной модели Д. Медоуза. Спустя 50 лет эта проблема по-прежнему вызывает серьезную озабоченность у всего мирового сообщества. Цель данной работы состояла в определении места России в улучшении продовольственного обеспечения населения планеты.

Методология и методы исследования (Methods)

При изучении вопроса роли России в решении мировой продовольственной проблемы были использованы разнообразные открытые источники информации в печатном и электронном изложении. Значительная часть данных о производстве зерна, урожайности сельскохозяйственных культур получена из официальных сайтов Федеральной службы государственной статистики России, а также Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО). Были также использованы материалы, опубликованные в научных изданиях. Полученная информация изучалась методами анализа, статистики, сопоставления и сравнения.

Результаты (Results)

Основной международной организацией, которая занимается анализом обеспечения населения планеты продуктами питания, является Продовольственная и сельскохозяйственная организация

Объединенных Наций. Она постоянно отслеживает информацию о производстве продовольствия и его распределении. По данным этой организации, значительная часть населения планеты испытывает недостаток питания. В 2020 г. эта доля составила 9,9 % от общей численности, что соответствует 720–811 млн чел. [5].

На обеспеченность продовольствием влияют ряд факторов. Как правило, дефицит продуктов питания резко увеличивается в периоды возникновения чрезвычайных климатических явлений (засухи, наводнения). Проявляя обеспокоенность этой проблемой, ФАО отмечает, что изменение глобальной температуры ведет к увеличению их числа и может стать причиной снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий. Страны, расположенные в аридных зонах и имеющие социально-экономические проблемы, с большей степенью вероятности могут оказаться в условиях ограниченной доступности продуктов питания [6, с. 6].

На обеспеченность населения продовольственными ресурсами также влияют экономические кризисы, вооруженные конфликты, миграция населения и эпидемии. Не стала исключением и ситуация с COVID-19. Поэтому в современных условиях резко возрастает значение увеличения производства продовольствия. Необходимость этого вытекает и по причине сохранения высоких темпов роста численности населения планеты (таблица 1).

Таблица 1
Изменение численности населения планеты [7]

Показатели	Годы									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Численность населения планеты, млрд чел.	7,001	7,085	7,170	7,255	7,340	7,424	7,508	7,592	7,674	7,756
Прирост населения, %	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,06

Table 1
Change in the population of the planet [7]

Indicators	Years									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
World population, billion people	7.001	7.085	7.170	7.255	7.340	7.424	7.508	7.592	7.674	7.756
Population growth, %	1.22	1.21	1.20	1.18	1.17	1.15	1.13	1.11	1.09	1.06

Таблица 2
Мировое производство зерна [11]

Показатели	Годы									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Общий объем производства зерна, млрд т	2,348	2,307	2,479	2,500	2,584	2,665	2,703	2,649	2,712	2,772
Производство зерна пшеницы, млрд т	0,699	0,659	0,715	0,735	0,737	0,763	0,762	0,732	0,731	0,761

Table 2
World grain production [11]

Indicators	Years									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total grain production, billion tons	2.348	2.307	2.479	2.500	2.584	2.665	2.703	2.649	2.712	2.772
Wheat grain production, billion tons	0.699	0.659	0.715	0.735	0.737	0.763	0.762	0.732	0.731	0.761

В последние годы наблюдается некоторое снижение ежегодного прироста населения, но в целом он находится на уровне 1,06–1,22 % в год. Из данных таблицы 1 следует, что за период с 2011 по 2020 гг. численность населения планеты увеличилась на 10,8 %.

Одним из показателей обеспеченности населения продовольствием является общий уровень производства зерна. Примерно 85–90 % его урожая используется непосредственно для получения продуктов питания или на корм сельскохозяйственным животным. Поэтому производство зерна служит надежным показателем оценки обеспеченности населения продовольствием. Именно такой подход часто используют авторы при изучении продовольственной проблемы [8–10].

В связи с тем, что зерно является основой обеспечения населения продуктами питания, большой интерес представляют данные о его мировом производстве. Они приведены в таблице 2.

Приведенные в таблице 2 данные показывают, что общий объем производства зерна в период с 2011 по 2020 гг. увеличился с 2,348 до 2,772 млрд т, или на 18,1 %. Это выше, чем рост численности населения, который за этот же срок составил 10,8 %. Но при этом следует отметить, что производство пшеницы за указанный период возросло с 0,699 до 0,761 млрд т, т. е. только на 8,9 %. Отставание темпов роста производства зерна пшеницы следует оценивать с отрицательной стороны, так как именно эта культура почти в полном объеме используется на продовольственные цели. Основными производителями зерна в мире являются Китай, США, ЕС, Индия и Россия. На их долю в 2017 г. приходилось 64 % (20, 17, 12, 10 и 5 % соответственно) от всего мирового сбора [12, с. 110].

Для оценки обеспеченности населения продовольствием используется и такой показатель, как производство зерна на душу населения [13]. Считается, что для достаточного снабжения сырьем пищевых предприятий и отраслей, производящих корма, необходимо иметь в масштабах отдельной страны примерно 1000 кг зерна на душу населения. К 2014 г. этот уровень был достигнут только в Австралии, Дании, Канаде, США и Венгрии. Во многих странах он находится ниже 300 кг, что является критическим уровнем [14]. В России, по нашим расчетам, уровень производства зерна на душу населения в 2020 г. составил 909 кг. При этом следует отметить, что зерновая обеспеченность имеет большое значение не только как фактор обеспечения населения продовольствием. Достаточное производство зерна в масштабах отдельной страны может быть использовано и в решении ее политических, экономических и гуманитарных задач.

Уровень производства зерна не всегда является надежным показателем оценки обеспеченности населения продовольствием. Это объясняется тем, что определенная его часть направляется на техническую переработку, в том числе на выработку биоэтанола. В результате этого происходит уменьшение доли растениеводческой продукции, направляемой на выработку продуктов питания и, как следствие, повышение их цен [15, с. 109; 16].

В настоящее время уровень производства биотоплива увеличиваться во всем мире. В соответствии с прогнозом его доля в энергоснабжении транспортных средств ЕС к 2024 г. достигнет 7,8 % [17].

Таблица 3
Средняя урожайность зерновых культур в ряде стран, ц/га [20]

Страны	Годы							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Франция	69,2	69,6	73,2	75,6	75,7	56,7	73,1	68,8
Германия	64,6	69,6	52,6	80,5	75,0	71,8	72,7	62,2
ЕС	50,7	48,7	51,3	55,3	55,6	52,3	54,8	51,3
Китай	57,1	58,3	58,9	58,9	59,0	59,8	60,3	60,8
Индия	28,6	29,6	29,7	29,6	28,6	30,1	31,6	32,5
Россия	22,4	18,2	22,0	24,1	23,7	26,2	29,2	25,4
США	68,0	59,1	73,0	76,4	74,3	86,1	87,8	86,9

Table 3
Average yield of grain crops in a number of countries, c/ha [20]

Countries	Years							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
France	69.2	69.6	73.2	75.6	75.7	56.7	73.1	68.8
Germany	64.6	69.6	52.6	80.5	75.0	71.8	72.7	62.2
EU	50.7	48.7	51.3	55.3	55.6	52.3	54.8	51.3
China	57.1	58.3	58.9	58.9	59.0	59.8	60.3	60.8
India	28.6	29.6	29.7	29.6	28.6	30.1	31.6	32.5
Russia	22.4	18.2	22.0	24.1	23.7	26.2	29.2	25.4
USA	68.0	59.1	73.0	76.4	74.3	86.1	87.8	86.9

Усиление внимания к производству биоэтанола связано с тем, что он после сгорания меньше загрязняет окружающую среду [18, с. 16]. Использованию растительного сырья для производства топлива способствуют высокие цены на углеводородные ресурсы. Существует критический уровень мировых цен на нефть, после превышения которого переработка растительного сырья на биотопливо становится экономически выгодной. По экспертным оценкам, он соответствует 70–80 долларов за баррель сырой нефти. Такой уровень цен установился во второй половине 2021 г., то есть формируются реальные предпосылки для увеличения объемов переработки продукции растениеводства в биотопливо, а значит, и обострения ситуации на продовольственном рынке.

Таким образом, учитывая отмеченные тенденции, остро стоит задача укрепления продовольственной безопасности населения планеты. Исходя из того, что в обозримом будущем не произойдет существенных изменений в способах получения продовольственных ресурсов и основная их часть будет производиться традиционными способами, в качестве одного из способов решения этого вопроса можно рассматривать увеличение урожайности сельскохозяйственных растений.

При анализе потенциала зерновых культур выясняется, что его использование по отдельным странам имеет существенные различия. Так, в прошлом столетии урожайность зерновых культур практически во всех европейских странах увеличивалась рекордными темпами. В начале 60-х годов она составляла 21 ц/га. В 2000 г. этот показатель увеличился до 40,2, а в последние десятилетия – до 50–55 ц/га (таблица 3). В настоящее время в ряде европейских стран средняя урожайность находится в пределах 70–75 ц/га (Франция, Германия). По мнению ряда авторов, которые часто цитируют слова президента Института Земли Лестера Брауна, многие страны с развитым сельским хозяйством достигли максимальной биологически возможной урожайности зерновых культур [19, с. 5]. Очевидно, что дальнейшее увеличение продуктивности потребует разработки и использования принципиально новых элементов в технологиях их выращивания. Ниже приводятся данные о средней урожайности зерновых культур в некоторых странах.

Данные таблицы 3 подтверждают заключение о том, что потенциал урожайности зерновых культур в европейских странах практически использован. Немногим лучше ситуация наблюдается в Китае, где в период с 2011 по 2018 гг. урожайность зерновых культур увеличилась с 57,1 до 60,8 ц/га, то есть только на 6,5 %. При этом Китай является одним из основных потребителей зерна в мире. При численности населения 1450 млн человек его ежегодное производство составляет примерно 500–600 млн т. В Индии, которая, так же как и Китай, является

основным потребителем зерна, урожайность зерновых культур возросла более существенно – на 13,6 %. При этом следует отметить, что Китай и Индия не могут рассматриваться в качестве стран, которые способны внести заметный вклад в увеличение мировых запасов зерна, так как уровень их собственного производства меньше, чем внутреннее его потребности. В США в период с 2011 по 2016 гг. урожайность зерновых культур увеличилась на 26,6 %, но в последующие годы она изменялась незначительно. Следовательно, в ближайшем будущем не следует ожидать заметного увеличения доли этих государств в мировом производстве зерна.

В отличие от других стран, в России в последние годы наблюдается рост урожайности зерновых (таблица 3). В период с 2011 по 2018 гг. она увеличилась на 13,4 %, а с 2018 по 2020 гг. еще на 12,6 %. Без сомнений, в дальнейшем в России будет наблюдаться рост продуктивности зерновых, поскольку урожайность в 28,6 ц/га, полученная в 2020 г., существенно ниже их потенциальной продуктивности, которая обеспечена природно-климатическими условиями выращивания. По данным Уральского НИИСХ, даже в условиях Среднего Урала, который расположен в зоне рискованного земледелия, потенциальная продуктивность зерновых культур находится на уровне 50–60 ц/га [21, с. 160]. Кроме того, в современный период для выращивания в европейской части России получены сорта с генетическим потенциалом урожайности на уровне 110–127 ц/га по яровой пшенице, 122 ц/га по яровой тритикале, 80–82 ц/га по ячменю и 88–90 ц/га по овсу [22, с. 25].

Существуют разные способы повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Наиболее простым является использование минеральных удобрений. Их внесение стало одной из причин быстрого повышения урожайности растений в европейских странах в прошлом столетии. Есть основания полагать, что, несмотря на усиление внимания к природоохранной системе земледелия¹, значение минеральных удобрений в обозримом будущем сохранится. В этом плане Россия также имеет значительные резервы. По данным Росстата, уровень внесения минеральных удобрений на пахотных землях в 2021 г. в пересчете на действующее вещество составил 69 кг/га, что по сравнению с 2010 г. выше на 82 %. Однако в целом это уровень в 2–3 раза меньше, чем рекомендуется при выращивании зерновых культур. Возможности увеличения использования минеральных удобрений имеются, так как уровень их производства в России в разы превышает объемы внесения [23]. Следовательно, можно сделать вывод, что по сравнению с другими странами Россия имеет большой потенциал в увеличении урожайности зерновых культур.

¹ Овсянников Ю. А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия. Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та. 2000. 264 с.

Таблица 4

Показатели производства и экспорт зерна в России [24]

Показатели	Годы									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Общий объем производства зерна, млн т	94,2	70,9	92,4	105,2	101,7	120,7	135,5	111,3	121,2	133,4
Экспорт зерна, млн т	18,3	22,3	19,0	30,1	30,7	33,9	43,3	54,8	39,3	48,7

Table 4

Indicators of production and export of grain in Russia [24]

Indicators	Years									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total grain production, million tons	94.2	70.9	92.4	105.2	101.7	120.7	135.5	111.3	121.2	133.4
Export of grain, million tons	18.3	22.3	19.0	30.1	30.7	33.9	43.3	54.8	39.3	48.7

Таблица 5

Доля сельскохозяйственных земель в структуре земельных фондов некоторых странах [20]

Страны	Доля земель сельскохозяйственного назначения от общей площади, %		Доля пахотных земель от общей площади, %	
	2011 г.	2018 г.	2011 г.	2018 г.
Франция	52,7	52,3	33,4	33,1
Германия	48,0	47,6	34,1	33,6
ЕС	—	—	25,2	24,7
Китай	56,1	56,1	12,8	12,7
Индия	60,4	60,4	52,8	52,6
США	44,3	44,4	17,1	17,2

Table 5

The share of agricultural land in the structure of land funds in some countries [20]

Countries	Share of agricultural land in the total area, %		Share of arable land in the total area, %	
	2011	2018	2011	2018
France	52.7	52.3	33.4	33.1
Germany	48.0	47.6	34.1	33.6
EU	—	—	25.2	24.7
China	56.1	56.1	12.8	12.7
India	60.4	60.4	52.8	52.6
USA	44.3	44.4	17.1	17.2

Увеличение урожайности, наблюдаемое в России заметно повлияло на общий сбор зерна (таблица 4). За последнее десятилетие он вырос на 41,6 % и в 2020 г. составил 133,4 млн т. Появление в России надежных запасов зерна способствовало постепенному росту объемов его экспорта. С 2011 г. он увеличился более чем в 2 раза и достиг к 2020 г. – 48,7 млн т. Россия в настоящее время по объему продажи пшеницы на мировом рынке превзошла США, Канаду и ЕС. Россия вышла по этому показателю на первое место в мире и стали играть важную роль в обеспечении мировой продовольственной безопасности [12, с. 115]. Основными потребителями российского зерна являются Турция, Египет и Саудовская Аравия. Доля этих стран в структуре нашего зернового экспорта в 2020 г. составила 41,7 % [25, с. 76].

Экспортный потенциал России может быть заметно укреплен не только за счет повышения урожайности зерновых культур, но и за счет расширения площадей их выращивания и эффективного использования зельных ресурсов. С этих позиций Россия также находится в более выгодном положении. В таблице 5 представлены данные о особенностях использования земельных ресурсов в некоторых странах.

Данные таблицы 5 показывают, что в большей части стран, вносящих наибольший вклад в производство зерна, доля земель сельскохозяйственного назначения от общей площади достигает 40–50 и более процентов. Одновременно наблюдается и высокий уровень трансформации земельных ресурсов в пахотные угодья. Во Франции и Германии он достигает 33,6–34,1 %. Особенно высока доля пахот-

ных земель в Индии – 52,6 %. В Китае и США она существенно ниже. Но это обусловлено наличием в указанных странах значительной части территорий, непригодных для выращивания культурных растений. В целом можно говорить, что возможности перевода земельных ресурсов в пахотные земли и сельскохозяйственные угодья во многих странах уже исчерпаны.

В России в соответствии с Государственным докладом «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году» сельскохозяйственные угодья (пашни, залежи, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища) занимают 380,8 млн га. Это составляет 22,2 % от общего земельного фонда. Площадь пахотных земель – 116,2 млн га, или 30,5 % от площади сельскохозяйственных угодий и 6,8% от общего земельного фонда (1712,6 млн га) [26]. Эти цифры показывают, что Россия в отличие от других стран имеет очень большой потенциал земельных ресурсов для расширения аграрного сектора и увеличения объемов производства зерна.

Россия имеет резервы в увеличении производства зерна и в связи с широкими возможностями расширения площадей выращивания зерновых культур на сельскохозяйственных угодьях, которые были выведены из оборота в период экономического кризиса. В Пензенской области площадь заброшенных сельскохозяйственных земель составляет 341 тыс. га, или 16 % от общей площади пашни [27], в Тульской области этот показатель равняется 400 тыс. га [28, с. 66]. В Северо-Западном федеральном округе площадь неиспользованных сельскохозяйственных угодий в 2020 г. оценивалась в 3,354 млн га, а пашни – 1,502 млн га [29, с. 59].

По информации, содержащейся в Государственном докладе «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году», в результате прекращения деятельности организаций в фонд перераспределения земель в 2020 г. было переведено 446,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Всего же в указанном году в фонде перераспределения земель РФ находилось 11,2 млн га сельскохозяйственных угодий и в том числе 3,3 млн га пашни [26]. Использование по назначению даже части заброшенных и выведенных из оборота угодий, без сомнения, может послужить увеличению объемов производства зерна и стать одним из факторов укрепления экономики страны. Уже в настоящее время аграрная отрасль РФ превзошла машиностроение и военно-промышленный комплекс и занимает четвертое место после нефтегазовой, металлургической и химической промышленности по своему вкладу в валютные поступления в страну [30].

Таким образом, Россия, имея потенциальную базу для увеличения производства зерна, может внести заметный вклад в укрепление мировой продовольственной безопасности. Эта точка зрения высказывается и другими авторами научных публикаций [31]. Но для этого необходимо дальнейшее совершенствование аграрной политики страны, одним из направлений которой должно стать укрепление финансовой и материально-технической базы как в целом аграрной отрасли, так и зернопроизводящих хозяйств. В таблице 6 приведены некоторые экономические показатели, характерные для сельскохозяйственного производства России.

Общий объем инвестиций в основной капитал в аграрной сфере в последние годы увеличивался. Но при этом его доля в период с 2017 по 2020 гг., наоборот, уменьшилась с 3,3 до 3,0 %. За этот же пе-

Таблица 6
Экономические показатели отражающие состояния аграрного сектора России [23]

Показатели	Годы			
	2017	2018	2019	2020
Инвестиции в основной капитал (в фактически действовавших ценах), млрд руб.	400,5	431,7	469,7	466,0
% от общего объема инвестиций	3,3	3,2	3,2	3,0
Парк тракторов, тыс. шт.	216,3	211,9	206,7	203,6
Парк зерноуборочных комбайнов, тыс. шт.	57,6	56,9	55,0	53,9
Емкость хранилищ для зерна на элеваторах, тыс. т единовременного хранения	–	12 865	12 678	12 102

Table 6
Economic indicators reflecting the state of the agricultural sectors of Russia [23]

Indicators	Years			
	2017	2018	2019	2020
Investments in fixed assets (in actual prices), billion rubles	400.5	431.7	469.7	466.0
% of total investment	3.3	3.2	3.2	3.0
Tractor fleet, thousand units	216.3	211.9	206.7	203.6
Fleet of grain harvesters, thousand units	57.6	56.9	55.0	53.9
Storage capacity for grain at elevators, thousand tons of one-time storage	–	12 865	12 678	12 102

риод парк тракторов, зерноуборочных комбайнов и емкость зернохранилищ на предприятиях, осуществляющих его переработку, также сократились. Все это свидетельствует о недостаточном финансовом и материально-техническом обеспечении аграрной сферы, что ограничивает ее возможности в увеличении объемов производства зерна.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы. Через 50 лет после первого доклада Римскому клубу «Пределы роста» проблема обеспечения населения планеты продовольствием по-прежнему актуальна. Участие отдельных стран в ее решении на разных этапах меняется. Россия в последние годы добилась заметных успе-

хов в увеличении объемов производства зерна и его экспорте, что позволило ей заметно усилить свои позиции по вкладу в улучшение продовольственного обеспечения населения планеты. Потенциал России в решении этого вопроса может быть существенно укреплен за счет повышения урожайности зерновых культур, внесения минеральных удобрений и более рационального использования земельных ресурсов. Для устойчивого наращивания объемов производства зерна и увеличения его экспорта необходимо комплексное совершенствование государственной политики в аграрной сфере. Одним из направлений такой политики должно стать укрепление финансового и материально-технического обеспечения сельскохозяйственных предприятий.

Библиографический список

1. Гринин А. Л. Спор о будущем, или В чем заключается Римский Клуб // В Арригиевские чтения по теме «Путь России в будущий мировой порядок»: материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Орел, 2020. С. 78–91.
2. Тюрин А. Н. Классификация глобальных проблем человечества // Новая наука: современное состояние и пути развития. 2016. № 10-2. С. 15–18.
3. Купряшкин И. В. Проблема классификации глобальных проблем современности // Вестник научных конференций. 2016. № 9-5 (13). С. 119–121.
4. Маглинова Т. Г. Российская экономика и пандемия COVID-19 // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 9-2 (79). С. 5–8. DOI: 10.24412/2411-0450-2021-9-2-5-8.
5. Sustainable development goals [e-resource]. URL: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/en> (date of reference: 25.01.2022).
6. Stratégie de la fao face au changement climatique – fao [e-resource]. URL: <https://www.fao.org/3/i7175f/i7175f.pdf> (date of reference: 26.01.2022).
7. Население земли [Электронный ресурс]. URL: <https://countrysmeters.info/ru/world> (дата обращения: 10.01.2022).
8. Жидков С. А., Воронина Е. А. Состояние и перспективы развития мирового рынка продовольственного зерна // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 154–156.
9. Алтухов А. И. Российский экспорт зерна: плюсы и минусы развития // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 166–174.
10. Ленточкин А. М. Состояние производства и потребления зерна // Пермский аграрный вестник. 2019. № 2 (26). С. 78–87.
11. World food situation [e-resource]. URL: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru> (date of reference: 28.01.2022).
12. Коротких А. А. Зерновой экспорт США: новая реальность? // США и Канада: экономика, политика, культура. 2019. № 49 (4). С. 108–123. DOI: 10.31857/s032120680004362-2.
13. Поспелова И. Н. Тенденции и факторы динамики производства зерна // Агропродовольственная экономика. 2016. № 3. С. 44–51.
14. Поспелова И. Н. Мировое производство зерна: структурные сдвиги и динамика [Электронный ресурс] // Вектор экономики. 2019. № 11 (41). URL: <http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2019/11/worldconomy/Pospelova.pdf> (дата обращения: 26.01.2022).
15. Мидов А. З. Стратегические тенденции и перспективы развития производства топливного этанола в России // Управленческое консультирование. 2016. № 6 (90). С. 108–116.
16. Dority B. L., Tenkorang F. Ethanol production and food price: simultaneous estimation of food demand and supply [e-resource] // Agricultural economics review, january 2016. No. 17 (1). Pp. 97–106 (date of reference: 28.01.2022).
17. Кочетков М. Н., Овчинников Е. В. Анализ и прогноз производства биотоплива в мире // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 4 (25). С. 122–126.
18. Эрк А. Ф., Судаченко В. Н., Тимофеев Е. В., Размук В. А. Использование биотоплива как вариант устойчивого развития биоэкономики сельских территорий // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 96. С. 13–20. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10053.

19. Дрокин В. В., Журавлев А. С. Повышение конкурентоспособности аграрного сектора экономики // Теория и практика мировой науки. 2016. № 3. С. 4–11.
20. The globaleconomy.com [e-resource]. URL: https://ru.theglobaleconomy.com/rankings/cereal_yield (date of reference: 29.01.22).
21. Научно обоснованная зональная система земледелия свердловской области: коллективная монография (дополненная, переработанная) / Под общ. ред. д-ра с.-х. наук Н. Н. Зезина. Екатеринбург: Издательство «Джи Лайм», 2020. 372 с.
22. Мельникова О. В., Ториков В. Е., Наумова М. П., Милехина Н. В., Зайцева О. А., Сальникова И. А., Ивешев Е. М. Биологическая урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы, ячменя, овса и тритикале в условиях юго-запада Центрального региона России // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5 (81). С. 20–26.
23. Сельское хозяйство в России. 2021: стат. сб. Москва: Росстат, 2021. 100 с.
24. Росстат. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q> (дата обращения: 30.01.2022).
25. Смирнов В. Н., Леванов А. В. Состояние аграрного сектора сельского хозяйства России // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. № 4. С. 73–77. DOI: 10.33619/2414-2948/65/10.
26. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году. Москва, 2021. 197 с.
27. Снадина Т. Н., Хохлова Т. А. Мониторинг заброшенных земель сельскохозяйственного назначения Пензенской области для введения их в оборот // Modern science. 2019. № 4-1. С. 12–16.
28. Лукиенко Л. В., Булатуков Э. А. Проблема брошенных земель в Тульской области // Лучшая научно-исследовательская работа 2018: сборник статей XIII международного научно-практического конкурса. Пенза, 2018. С. 66–69.
29. Джабраилова Б. С. Возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 56–66. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66.
30. Шагайда Н. И., Узун В. Я. Из аналитического доклада «Тенденции развития и основные вызовы аграрного сектора России» [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/mesto-selskogo-khozyajstva-v-ekonomike-rossii.html> (дата обращения: 02.02.2022).
31. Ленточкин А. М. Оценка состояния посевных площадей зерновых культур // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 55–62.

Об авторе:

Юрий Алексеевич Овсянников¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0003-4937-4268, AuthorID 129091; +7 (343) 221-41-16, +7 912 211-51-16, ovs122333@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

To the 50th anniversary of the report to the Club of Rome “Limits to Growth”. Russia’s potential in solving the world food problem

Yu. A. Ovsyannikov¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

E-mail: ovs122333@yandex.ru

Abstract. The paper analyzes the role of grain production in providing the planet’s population with food. This issue is considered in the aspect of the first report to the Club of Rome “Limits to Growth”. It was made 50 years ago, which was the reason for evaluating the forecasts made and analyzing the state of the level of food security. **The purpose** of the research is to assess the level of food security of the world’s population and analyze the role of individual countries in solving this problem. **The scientific novelty** consisted in a comprehensive study of relevant statistical materials reflecting the potential of Russia in increasing world grain production and solving the world food problem. To do this, an analysis was made of the growth of the population on the planet and the rate of increase in grain production in the period from 2011 to 2020, the yield of grain crops and the possibility of its increase in different countries, including Russia. It was determined that over the years the world grain harvest has

increased at a faster rate than the population. These indicators amounted to 10.8 and 18.1 %, respectively. At the same time, the growth in wheat production, which is the basis for food production, amounted to only 8.9 %. The article assesses the role of individual countries, including Russia, in solving the world food problem. **Methods.** The study was conducted using systemic, statistical and historical analyzes, as well as methods of comparison and generalization. **Results.** Based on the analysis, it is concluded that the potential of a number of countries to increase grain production has been exhausted. This is manifested in the absence of positive dynamics in the productivity of agricultural crops. At the same time, in Russia during the period under review, grain yields increased by 26 %. An analysis was made of the possibility of increasing grain production in Russia through more efficient use of land resources. He showed that Russia in this direction has significant advantages compared to other countries. **The practical significance** of the work lies in the fact that the results of the analysis made can be used in determining the directions for the development of the agricultural sector, assessing Russia in solving the world food problem, compiling and evaluating models of global development, as well as in educational activities.

Keywords: Club of Rome, global problems, world food problem, population, food production, grain, crops, productivity, grain harvest, arable land, agricultural area, mineral fertilizers, abandoned land.

For citation: Ovsyannikov Yu. A. K 50-letiyu doklada Rimskomu klubu "Predely rosta". Potentsial Rossii v reshении mirovoy prodovol'stvennoy problemy [To the 50th anniversary of the report to the Club of Rome "Limits to Growth". Russia's potential in solving the world food problem] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 88–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-88-98. (In Russian.)

Date of paper submission: 10.02.2022, **date of review:** 18.02.2022, **date of acceptance:** 03.03.2022.

References

1. Grinin A. L. Spor o budushchem ili v chem oshibaetsya Rimskiy Klub [A dispute about the future or what the club of rome is wrong about] // Arrigievskie chteniya po teme "Put' Rossii v budushchiy mirovoy poryadok": materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh chastyakh. Orel, 2020. Pp. 78–91. (In Russian.)
2. Tyurin A. N. Klassifikatsiya global'nykh problem chelovechestva [Classification of global problems of mankind] // Novaya nauka: sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya. 2016. No. 10-2. Pp. 15–18. (In Russian.)
3. Kupryashkin I. V. Problema klassifikatsii global'nykh problem sovremennosti [The problem of classification of global problems of our time] // Vestnik nauchnykh konferentsiy. 2016. No. 9-5 (13). Pp. 119–121. (In Russian.)
4. Maglinova T. G. Rossiyskaya ekonomika i pandemiya Sovid-19 [The Russian economy and the COVID-19 pandemic] // Economy and business: theory and practice. 2021. No. 9-2 (79). Pp. 5–8. DOI: 10.24412/2411-0450-2021-9-2-5-8. (In Russian.)
5. Sustainable development goals [e-resource]. URL: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/en> (date of reference: 25.01.2022).
6. Stratégie de la fao face au changement climatique – fao [e-resource]. URL: <https://www.fao.org/3/i7175f/i7175f.pdf> (date of reference: 26.01.2022).
7. Naselenie zemli [Earth population] [e-resource]. URL: <https://countrymeters.info/ru/world> (date of reference: 10.01.2022). (In Russian.)
8. Zhidkov S. A., Voronina E. A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya mirovogo rynka prodovol'stvennogo zerna [Condition and prospects of development of the world food grain market] // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2019. No. 1. Pp. 154–156. (In Russian.)
9. Altukhov A. I. Rossiyskiy eksport zerna: plyusy i minusy razvitiya [Russian grain export: pros and cons of development] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020. No. 5. Pp. 166–174. (In Russian.)
10. Lentochnik A. M. Sostoyanie proizvodstva i potrebleniya zerna [State of production and grain consumption] // Perm Agrarian Journal. 2019. No. 2 (26). Pp. 78–87. (In Russian.)
11. World food situation [e-resource]. URL: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru> (date of reference: 28.01.2022).
12. Korotkikh A. A. Zernovoy eksport SShA: novaya real'nost'? [U. S. Grain Exports: New Reality?] // USA & Canada: Economics, Politics, Culture. 2019. No. 49 (4). Pp. 108–123. DOI: 10.31857/s032120680004362-2. (In Russian.)
13. Pospelova I. N. Tendentsii i faktory dinamiki proizvodstva zerna [Trends and factors affecting the dynamics of grain production] // Agroprodovol'stvennaya ekonomika. 2016. No. 3. Pp. 44–51. (In Russian.)
14. Pospelova I. N. Mirovye proizvodstvo zerna: strukturnye sdvigi i dinamika [World grain production: structural shifts and dynamics] [e-resource] // Vektor ekonomiki. 2019. No. 11 (41). URL: <http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2019/11/worlddeconomy/Pospelova.pdf> (date of reference: 26.01.2022). (In Russian.)

15. Midov A. Z. Strategicheskie tendentsii i perspektivy razvitiya proizvodstva toplivnogo etanola v Rossii [Strategic Tendencies and Prospects of Development of Fuel Ethanol Production in Russia] // Administrative Consulting. 2016. No. 6 (90). Pp. 108–116. (In Russian.)
16. Dority B. L., Tenkorang F. Ethanol production and food price: simultaneous estimation of food demand and supply [e-resource] // Agricultural economics review, january 2016. No. 17 (1). Pp. 97–106 (date of reference: 28.01.2022).
17. Kochetkov M. N., Ovchinnikov E. V. Analiz i prognoz proizvodstva biotopliva v mire [Analysis and forecast of biofuel production in the world] // Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2017. No. 4 (25). Pp. 122–126. (In Russian.)
18. Erk A. F., Sudachenko V. N., Timofeev E. V., Razmuk V. A. Ispol'zovanie biotopliva kak variant ustoychivogo razvitiya bioekonomiki sel'skikh territoriy [Use of biofuels as an option for sustainable development of bioeconomy in rural areas] // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2018. No. 96. Pp. 13–20. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10053. (In Russian.)
19. Drokin V. V., Zhuravlev A. S. Povyshenie konkurentosposobnosti agarnogo sektora ekonomiki [Increasing the competitiveness of the agrarian sector of the economy] // Theory and practice of the world science. 2016. No. 3. Pp. 4–11. (In Russian.)
20. The globaleconomy.com [e-resource]. URL: https://ru.theglobaleconomy.com/rankings/cereal_yield (date of reference: 29.01.22).
21. Nauchno obosnovannaya zonal'naya sistema zemledeliya Sverdlovskoy oblasti: kollektivnaya monografiya (dopolnennaya, pererabotannaya) [Scientifically substantiated zonal system of agriculture in the Sverdlovsk region. collective monograph (amended, revised)] / Under the general editorship of dr. of agricultural sciences N. N. Zevin. Ekaterinburg: Izdatel'stvo "Dzhi Laym", 2020. 372 p. (In Russian.)
22. Mel'nikova O. V., Torikov V. E., Naumova M. P., Milekhina N. V., Zaytseva O. A., Sal'nikova I. A., Ivegesh E. M. Biologicheskaya urozhaynost' i kachestvo zerna sortov yarovoy pshenitsy, yachmenya, ovsa i tritikale v usloviyakh yugo-zapada Tsentral'nogo Regiona Rossii [Biological Crop Capacity and Grain Quality of Spring Wheat, Barley, Oats and Triticale in the Conditions of South-West of the Central Region of Russia] // Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020. No. 5 (81). Pp. 20–26. (In Russian.)
23. Sel'skoe khozyaystvo v Rossii: stat. sb. [Agriculture in Russia: statistical collection]. Moscow: Rosstat, 2021. 100 p. (In Russian.)
24. Rosstat. Ofitsial'nyy sayt [Rosstat. Official site] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q> (date of reference: 30.01.2022). (In Russian.)
25. Smirnov V. N., Levanov A. V. Sostoyanie agrarnogo sektora sel'skogo khozyaystva Rossii [The state of the farm sector of agriculture in Russia] // Bulletin of science and practice. 2021. T. 7. No. 4. Pp. 73–77. DOI: 10.33619/2414-2948/65/10. (In Russian.)
26. Gosudarstvennyy (natsional'nyy) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossiyskoy Federatsii v 2020 godu [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2020]. Moscow, 2021. 197 p. (In Russian.)
27. Snadina T. N., Khokhlova T. A. Monitoring zabroshennykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya Penzenskoy oblasti dlya vvedeniya ikh v oborot [Monitoring of the abandoned agricultural lands of the Penza region to introduce them into and introducing them] // Modern science. 2019. No. 4-1. Pp. 12–16. (In Russian.)
28. Lukienko L. V., Bulatukov E. A. Problema broshennykh zemel' v Tul'skoy oblasti [The problem of waste land in the Tula region] // Luchshaya nauchno-issledovatel'skaya rabota 2018: sbornik statey XIII mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo konkursa. Penza, 2018. Pp. 66–69. (In Russian.)
29. Dzhabrailova B. S. Vozmozhnosti вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозагственных земель в регионах SZFO [Opportunities to involve unused agricultural land in the turnover in the regions of the North-western Federal District] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 56–66. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66. (In Russian.)
30. Shagayda N. I., Uzun V. Ya. Iz analiticheskogo doklada tendentsii razvitiya i osnovnye vyzovy agrarnogo sektora Rossii [From the analytical report development trends and main challenges of the Russian agricultural sector] [e-resource]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/mesto-selskogo-khozyajstva-v-ekonomike-rossii.html> (date of reference: 02.02.2022). (In Russian.)
31. Lentochkin A. M. Otsenka sostoyaniya posevnykh ploshchadey zernovykh kul'tur [Assessment of the state of cultivated areas of grain crops] // Perm Agrarian Journal. 2019. No. 1 (25). Pp. 55–62. (In Russian.)

Author's information:

Yuriy A. Ovsyannikov¹, doctor of agricultural sciences, associate professor, professor of the department of crop production and breeding, ORCID 0000-0003-4937-4268, AuthorID 129091; +7 (343) 221-41-16, 221-41-17, ovs122333@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



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

А. В. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

О. А. Багрецова – ответственный редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

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

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

620049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Дата выхода в свет: 28.06.2022 г. Усл. печ. л. 11,3. Авт. л. 9,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

