



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2022
№09 (224)**

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

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

Содержание

Contents

Агротехнологии

- А. А. Афонин* 2
Динамика развития побегов *Salix triandra*
на саженцах, выращенных из базальных и
апикальных черенков
- Н. А. Ковтунова, В. В. Ковтунов,
Е. А. Шишова* 12
Оценка урожайности сортов суданской травы
разных групп спелости
- Ж. Н. Минченко* 22
Эффективность различных микроудобрений
при возделывании сои
- Л. П. Шаталина, Ю. Б. Анисимов,
Е. Л. Калюжина* 33
Качественный состав гумуса чернозема
выщелоченного в севооборотах северной
лесостепи Южного Урала

Биология и биотехнологии

- Л. Л. Седельникова* 47
Ранжирование сортов лилейника гибридного
коллекции ЦСБС СО РАН и перспективы
рационального использования
- В. С. Юсов, М. Г. Евдокимов,
А. Л. Шпигель* 59
Комбинационная способность сортов
и линий яровой твердой пшеницы
по элементам продуктивности
и качеству клейковины

Экономика

- Л. Г. Ахметшина* 71
От зерна к продуктам его переработки:
экспортный потенциал и перспективы
- И. П. Лисин, Г. В. Исмагилова* 87
Учет цифровизации в оценке
организационной эффективности предприятия

Agrotechnologies

- A. A. Afonin*
Dynamics of development
of *Salix triandra* shoots on saplings
from basal and apical cuttings
- N. A. Kovtunova, V. V. Kovtunov,
E. A. Shishova*
Estimation of productivity of the Sudan grass
varieties of different groups of maturity
- Zh. N. Minchenko*
The effectiveness of various microfertilizers
in the cultivation of soybeans
- L. P. Shatalina, Yu. B. Anisimov,
E. L. Kalyuzhina*
The qualitative composition of the humus of
chernozem leached in crop rotations of the
northern forest-steppe of the Southern Urals

Biology and biotechnologies

- L. L. Sedelnikova*
Ranking of hybrid daylily varieties
of the CSBS SB RAS collection
and prospects for rational use
- V. S. Yusov, M. G. Evdokimov,
A. L. Shpigel*
Combining ability of varieties
and lines of spring durum wheat
for productivity elements
and quality of gluten

Economy

- L. G. Akhmetshina*
From grain to processed products:
export potential and prospects
- I. P. Lisin, G. V. Ismagilova*
Consideration of digitalization in the assessment
of organizational effectiveness of the enterprise

Динамика развития побегов *Salix triandra* на саженцах, выращенных из базальных и апикальных черенков

А. А. Афонин¹✉

¹Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, Брянск, Россия

✉E-mail: afonin.salix@gmail.com

Аннотация. Цель – выявить закономерности развития побегов на однолетних саженцах *S. triandra*, выращенных из черенков, взятых из разных частей маточных побегов. **Методология и методы исследования.** Объект исследования – модельная инбредно-клоновая популяция *S. triandra*. Экспериментальная группа – реплики восьми клонов. Варианты для каждого клона – однолетние саженцы, выращенные из базальных и апикальных черенков. Повторность: трехкратная. Материал – нарастающие однолетние побеги. Исследования проводились в почвенно-климатических условиях Брянского округа зоны широколиственных лесов. Наблюдения велись на фоне избыточного атмосферного увлажнения в период укоренения черенков. В ходе исследования применялись хронобиологический анализ и численный анализ временных рядов. **Результаты.** Сезонный прирост побегов на базальных черенках составил 148–219 см, на апикальных – 95–171 см. Максимальный суточный прирост побегов на базальных черенках – $2,59 \pm 0,148$ см/сут, на апикальных – $1,86 \pm 0,085$ см/сут. Самые высокие значения суточного прироста побегов на базальных черенках выявлены в середине июня, на апикальных – в середине июля. Продолжительность многодневных циклов суточного прироста составила 16–26 сут. независимо от фактора клона и происхождения черенков. Максимальное число многодневных циклов не превышает 5. На побегах клонов с наиболее высоким суточным приростом число многодневных циклов уменьшается до 3–4. **Научная новизна.** В условиях данного эксперимента установлена цикличность развития всех исследованных побегов *S. triandra*. Многодневные циклы суточного прироста в высшей степени синхронизированы в первой половине вегетационного периода независимо от фактора клона и происхождения черенков. Размах колебаний суточного прироста побегов на базальных черенках определяется, прежде всего, фактором клона. Этот же размах колебаний на апикальных черенках в большей мере определяется внутриклоновой изменчивостью. Для создания насаждений *S. triandra* рекомендуется использовать в первую очередь черенки из базальных частей побегов. При нехватке посадочного материала допустимо использовать верхушки побегов с учетом фактора маточных клонов.

Ключевые слова: ива трехтычинковая, *Salix triandra*, почвенно-климатические условия, погодно-климатические условия, стеблевые черенки, однолетние саженцы, однолетние побеги, суточный прирост, сезонная динамика, цикличность прироста.

Для цитирования: Афонин А. А. Динамика развития побегов *Salix triandra* на саженцах, выращенных из базальных и апикальных черенков // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 2–12. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-2-12.

Дата поступления статьи: 13.06.2022, **дата рецензирования:** 30.06.2022, **дата принятия:** 12.07.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Ивы (*Salix* L., Salicaceae Mirb.) – это многочисленная группа двудомных листопадных деревьев и кустарников, широко распространенных в умеренных широтах Северного полушария. Многие виды ив используются для создания насаждений комплексного назначения благодаря таким качествам, как быстрый рост, неприхотливость, способность к размножению одревесневшими черенками [1, с. 3–4; 2, с. 9; 3, с. 1608]. Ивы занимают важное место в концепции экстенсивного земледелия,

особенно на маргинальных почвах, которые малопригодны или непригодны для выращивания продовольственных культур, на почвах, которые периодически исключаются из использования, и на некоторых залежных землях [4, с. 225; 5]. Особую популярность быстро растущие кустарниковые ивы получили после скачка цен на импортируемую нефть во второй половине 1970-х гг., когда стали создаваться культуры с коротким оборотом срезки (short-rotation coppice – SRC), предназначенные для выращивания энергетической биомассы [6, с. 358].

На протяжении последних десятилетий энергия из биомассы играла заметную роль в глобальной энергетической системе [7, с. 274]. Важное преимущество биоэнергетики перед другими возобновляемыми источниками энергии заключается в том, что энергетическая биомасса может храниться, перерабатываться и использоваться при необходимости [8, с. 34]. Использование недавно заброшенных пахотных земель для производства возобновляемой энергии является многообещающим вариантом для энергоснабжения при одновременном снижении конкуренции за землю и продовольственную безопасность [9, с. 45]. Таким образом, выращивание биоэнергетических культур на деградированных и недостаточно используемых землях позволяет решить ряд взаимосвязанных проблем в области энергетической безопасности, продовольственной безопасности и восстановления земель [10]. Известно, что лесные экосистемы играют ключевую роль в глобальном углеродном цикле, обеспечивают важные экологические услуги и ресурсы – от среды обитания для биоразнообразия до производства экологически чистых продуктов [11, с. 3]. В то же время возникают вопросы, касающиеся экологической, социальной и экономической устойчивости производства древесной биомассы, связанные с землепользованием, защитой мест обитания диких животных, сохранением и восстановлением ландшафтов [12, с. 25]. В глобальном энергетическом балансе биоэнергетика имеет наибольший смысл в качестве переходного элемента из-за ограниченности земель, изначально низкой выработки энергии на единицу площади и быстрого технологического прогресса в конкурирующих технологиях [7, с. 274]. Производство биомассы и круговорот питательных веществ можно увеличить, поддерживая дифференциацию экосистемных ниш за счет увеличения количества видов или разновидностей растений, выращиваемых в насаждении [13]. Разнообразие посадочного материала порождает разнообразие морфологии побегов, ветвей и листьев, что приводит к увеличению структурных ниш и увеличению неоднородности растительности. Мультигенотипные SRC обеспечивают большую устойчивость к вредителям и болезням, что снижает экономические риски, связанные с потерями биомассы. Установлено, что энергетические культуры с коротким оборотом срезки (SRC) обеспечивают высокое биоразнообразие членистоногих и мелких позвоночных по сравнению с сельскохозяйственными монокультурами, хотя и меньшее, чем в смешанных лиственных лесах [8, с. 34].

Кустарниковые ивы наиболее перспективны для использования в качестве специальной биоэнергетической культуры из-за высокой скорости роста, прекрасных регенеративных свойств и относительно низкой потребности в питательных веществах

[14, с. 1061]. Плантации ивы с коротким оборотом обладают высоким потенциалом производства биомассы во многих частях мира и часто могут поддерживать экосистемные услуги, связанные с круговоротом питательных веществ [13]. Сырьевые плантации ивы с коротким оборотом срезки представляют значительный интерес как поглотитель углерода [15, с. 349].

Проблемы биоэнергетики тесно связаны с проблемами глобальных климатических изменений, которые наиболее заметно проявляются на территории России [16]. Кустарниковые ивы выращиваются в качестве специальной биоэнергетической культуры преимущественно во влажном умеренном климате [14, с. 1061]. Ожидается, что именно в этих регионах изменение климата приведет к непредсказуемости осадков в вегетационный период [17, с. 1015]. Изменение климата увеличит частоту экстремальных дождей, вызывая больше эпизодов наводнений [18, с. 415]. В гетерогенных средах, включая те, которые подвергают растения частым колебаниям климата, приспособленность и продуктивность отдельных растений будет зависеть от их способности адаптироваться к быстро меняющимся условиям окружающей среды [19, с. 87].

Основной способ создания насаждений ив – посадка неукорененных черенков [20, с. 182]. Это простой и недорогой метод, который широко используется для массового размножения многих видов *Salix* и получения более однородных и генетически сходных потомков родительских растений [21]. Выращивание защитных насаждений ив из черенков – распространенный метод биоинженерии почвы и воды, используемый для стабилизации склонов и борьбы с эрозией вдоль рек [22, с. 380]. Для успешного развития черенковых саженцев решающее значение имеет этап укоренения, поскольку в этот период черенки более уязвимы к стрессам [18, с. 415]. Одним из главных факторов успешного выращивания ив в первые годы является обеспечение почвы водой [23, с. 380]. Традиционно для повышения приживаемости и сохранения черенковых саженцев рекомендуется использовать крупные и ровные черенки, заготовленные из комлевых частей маточных прутьев [20, с. 182; 24, с. 66]. При конкуренции за свет, воду и т. д. укоренившиеся верхушечные черенки оказываются менее устойчивыми и с течением времени выпадают [1, с. 53–55]. Количество посадочного материала, необходимого для создания жизнеспособных и ровных насаждений, является основной проблемой при выращивании ивы: стоимость посадочного материала составляет до 50 % общих затрат на создание ивовых плантаций [25, с. 796]. При этом различия в размерах растений при создании ивовых насаждений могут быть обусловлены как межклоновыми, так и внутриклоновыми различиями [26, с. 257].

Ива трехтычинковая – *S. triandra* L. (syn. *S. amygdalina* L.) – широко известный представитель быстрорастущих кустарниковых ив [2, с. 106]. Этот вид используется для создания насаждений различного назначения [1, с. 17]. Ранее нами было показано, что *S. triandra* может использоваться как модельный вид для изучения сезонной динамики развития побегов в условиях кратковременной атмосферной засухи [27, с. 104]. Цель данного исследования – выявить влияние происхождения черенков из разных частей маточных побегов на сезонную динамику развития однолетних саженцев в клонах *S. triandra* в условиях избыточного атмосферного увлажнения в период укоренения.

Методология и методы исследования (Methods)

Объект исследования – модельная инбредно-клоновая популяция *S. triandra* в почвенно-климатических условиях Брянского округа зоны широколиственных лесов (район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части РФ). Тип почв – серые лесные, на лессовидном карбонатном суглинке. Увлажнение корнеобитаемого слоя атмосферное, профиль автоморфный элювиальный. Тип лесорастительных условий – D3 (мезогигрофильная дубрава). Исходный тип растительности – *Quercetum coryloso-aegopodiosum*. История создания модельной популяции описана нами ранее [28].

Наблюдения проводили в течение вегетационного периода 2021 г., агрометеорологическая специфика которого заключалась в неравномерном распределении осадков и среднесуточных температур воздуха по месяцам [29]. В мае – июне выпало 297 мм осадков, что составило 214 % от нормы. Отклонение средних суточных температур от нормы в эти месяцы составило +0,73 °C. В июле выпало 43 мм осадков (52 % от нормы), в августе – 57 мм (95 % от нормы). Отклонение средних суточных температур от нормы составило +2,64 °C в июле и +1,37 °C в августе. Таким образом, первая половина вегетационного периода охарактеризовалась умеренно теплой погодой в сочетании с крайне избыточным атмосферным увлажнением, а вторая половина – жаркой погодой в сочетании с дефицитом осадков.

В качестве материала использовали нарастающие однолетние побеги *S. triandra*. Для получения побегов применяли однолетние саженцы, выращенные из неукорененных безлистных стеблевых черенков, заготовленных в день посадки (18.04.21). Длина черенков – 25 см, посадка вертикальная с заглублением до одной почки на уровне почвы. Схема посадки линейно-тригональная с расстоянием между посадочными местами 1 м). Каждый саженец формировался в один побег. Описанная технология соответствует современным рекомендациям по оптимизации раннего роста ивовых культур [25, с. 796; 30, с. 116; 31, с. 703].

Стеблевые черенки заготавливали из разных частей маточных побегов. Черенки первого типа диаметром 0,8–1,0 см нарезали из базальных частей побегов: однолетние побеги развивались из боковых пазушных почек. Для получения черенков второго типа диаметром 0,4–0,5 см использовали верхушки побегов: боковые побеги развивались из самых верхних замещающих почек. В данном исследовании использовали реплики восьми отборных клонов *S. triandra*, обозначенных в соответствии с первоначальной нумерацией сеянцев-родоначальников (*trXX*). Повторность для каждого клона и каждого типа черенков – трехкратная. В итоге было запланировано исследование 48 побегов.

Исходные данные по развитию побегов получали путем измерения их длины L (см) с интервалом 4 суток. Далее вычисляли суточный прирост побегов ΔL (см/сут) в интервале 8 суток, используя метод скользящей рамки с шагом 4 суток. В итоге были получены выровненные ряды и соответствующие графики сезонной динамики ΔL . Подробное описание получения исходных данных и построения временных рядов опубликовано нами ранее [28].

Полученные данные по суточному приросту побегов обработали с использованием стандартных процедур вариационной статистики: вычисляли средние значения M , статистические ошибки $\pm m$ и коэффициенты вариации CV (%). Размах колебаний суточного прироста побегов оценивали, используя среднеквадратичную амплитуду A_{RMS} – квадратный корень из среднего квадрата фактических отклонений ΔL от среднегодового прироста.

Результаты (Results)

Активный рост побегов на высаженных неукорененных черенках начался 21.05, к этому времени длина побегов составила 3–15 см. Наиболее интенсивный рост побегов происходил в летние месяцы после 06.06. В течение июня – июля часть побегов либо погибла, либо прекратила рост с отмиранием верхушечной почки. Рост большинства побегов завершился в период с 01.08 по 21.08. Непосредственное влияние неравномерного распределения атмосферных осадков в течение вегетационного периода – крайне избыточного атмосферного увлажнения в период укоренения черенков и сухой жаркой погоды во второй половине лета – на развитие побегов не выявлено.

Приживаемость базальных черенков составила 100 %. 22 побега из 24 завершили свой рост после 01.08; их длина составила 148–219 см. На черенках, заготовленных из апикальных частей маточных побегов, новые побеги либо вообще не начали развиваться, либо погибли в период с 02.06 по 30.06, либо оказались очень слабыми. Только на 15 саженцах (62,5 % от числа высаженных черенков) шести клонов побеги завершили рост после 01.08; их длина составила 95–171 см. На этом основании

два клона с низкой выживаемостью апикальных черенков были исключены из дальнейшего анализа. В итоге для изучения сезонной динамики суточного прироста побегов ΔL (см/сут) шести клонов было исследовано 22 побега на базальных черенках (вычислено 339 значений ΔL) и 16 побегов на апикальных черенках (вычислено 319 значений ΔL).

В период с 06.06 по 21.08 на базальных черенках ΔL составил 2,6–4,4 см/сут, на апикальных черенках – 1,9–3,4 см/сут. Трансгрессия (перекрывание) ранжированных рядов средних суточных приростов побегов составила $\approx 50\%$. Средний суточный прирост побегов на базальных черенках составил $\Delta L_{cp} = 2,21 \pm 0,054$ см/сут; на апикальных черенках – $\Delta L_{cp} = 1,65 \pm 0,036$ см/сут (различия достоверны при $P < 0,001$). Самый высокий средний суточный прирост выявлен для клона *tr04*: $\Delta L_{cp} = 2,59 \pm 0,148$ см/сут на побегах, полученных из базальных черенков, и $\Delta L_{cp} = 1,86 \pm 0,085$ см/сут на побегах, полученных из апикальных черенков. При этом межклубовая вариабельность средних суточных приростов оказалась низкой: $CV = 12,1\%$ для побегов на базальных черенках и $CV = 8,0\%$ для

побегов на апикальных черенках. Среднеквадратичная амплитуда колебаний суточного прироста A_{RMS} для всех побегов на базальных черенках составила 0,92 см/сут, для всех побегов на апикальных черенках этот показатель оказался заметно ниже – 0,71 см/сут. Визуальный анализ сезонной динамики суточного прироста побегов проводился в период с 21.05 по 17.08. Сезонная динамика ΔL на базальных и апикальных черенках показана на рис. 1 (красным цветом показаны побеги на базальных черенках, синим цветом – побеги на апикальных черенках; средние ряды показаны маркерами ●).

Для всех побегов установлен циклический характер сезонной динамики суточного прироста, обусловленный чередованием максимумов (пиков) и минимумов (провалов) ΔL . Средние временные интервалы между пиками ΔL составили 16–26 сут. В период с 21.05 по 20.07 выявлено три максимума ΔL , разделенных двумя минимумами. Первые минимумы ΔL (02.06) в высшей степени синхронизированы на всех побегах независимо от клубовой принадлежности и происхождения черенков. В период с 21.05 по 08.07 средний суточный при-

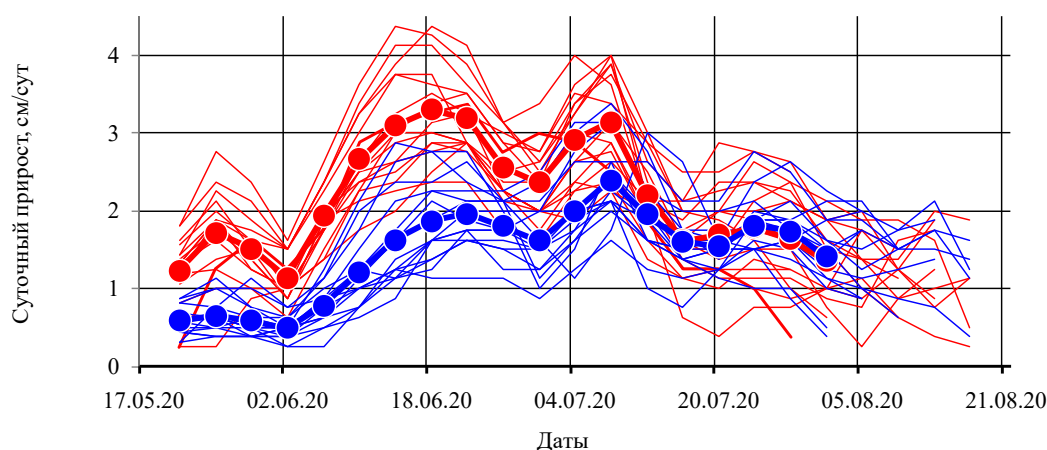


Рис. 1. Динамика суточного прироста побегов на черенках различного происхождения

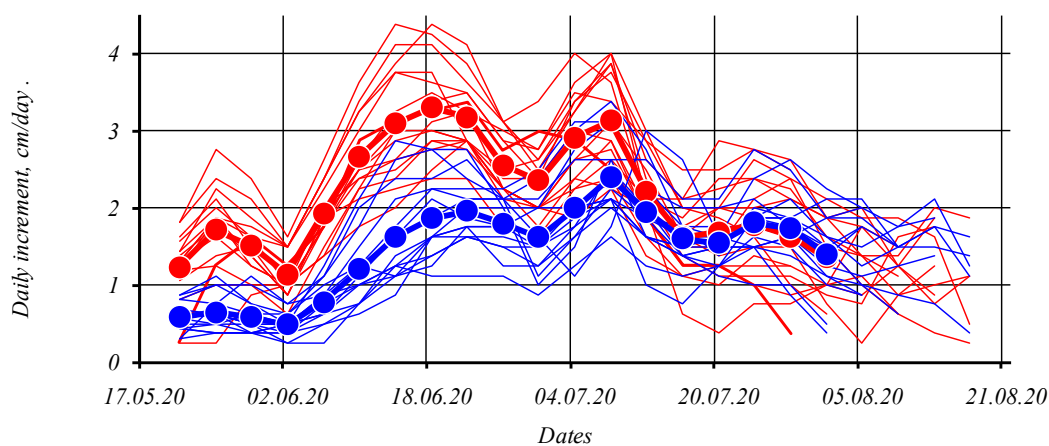


Fig. 1. Dynamics of daily increment of shoots on cuttings of different origin

рост побегов на базальных черенках ($\Delta L = 2,36 \pm 0,056$ см/сут) оказался примерно в 1,7 раза выше, чем на апикальных ($\Delta L = 1,41 \pm 0,044$ см/сут); различия достоверны при $P < 0,01$. После прохождения среднелетнего минимума (с 16.07 по 20.07) на всех побегах выявлен позднелетний максимум (24.07). При этом средний суточный прирост побегов на базальных черенках снижается, и различия между побегами, полученных из базальных и апикальных черенков, нивелируются.

Сезонная динамика ΔL на базальных черенках показана на рис. 2 (красным цветом выделены побеги клона *tr04*, зеленым – клона *tr05*, синим – клона *tr16*).

Два клона – *tr04* и *tr16* – показали высокий средний суточный прирост побегов на базальных черенках: $\Delta L = 2,59 \pm 0,148$ и $\Delta L = 2,51 \pm 0,200$ см/сут соответственно. В начале июня для этих клонов выявлены самые высокие значения суточного прироста: $\Delta L = 4,1 \dots 4,4$ см/сут. Один из клонов – *tr05* – показал худшие результаты: $\Delta L = 1,94 \pm 0,095$ см/сут. При этом на побегах клона *tr04* выявлено четыре первых пика ΔL , на побегах клона *tr16* – три первых пика, на побегах клона *tr05* – пять пиков. Заметные внутриклоновые различия в сезонной динамике суточного прироста на базальных черенках не обнаружены.

Сезонная динамика ΔL на апикальных черенках показана на рис. 3 (красным цветом показаны все побеги клона *tr04*, зеленым – клона *tr05*, синим – клона *tr16*; маркерами $\circ$ и $+$ показаны единичные побеги клонов *tr13* и *tr14*).

Самые высокие значения суточного прироста побегов на апикальных черенках (за исключением единичных саженцев) выявлены в середине лета $\Delta L = 3,1 \dots 3,4$ см/сут. Самое высокое среднее значение суточного прироста обнаружено на побегах клона *tr04*: $\Delta L = 1,86 \pm 0,085$ см/сут. Несколько худшие результаты (различия недостоверны при $P = 0,01$) показал клон *tr05*: $\Delta L = 1,70 \pm 0,071$ см/сут. Независимо от фактора клона выявлены позднелетние (13.08) пики ΔL . При этом на апикальных черенках клонов *tr04*, *tr05* и *tr16* число пиков ΔL совпадает с числом пиков, выявленных на саженцах, полученных из базальных черенков. В целом на апикальных черенках выявлены заметные внутриклоновые различия в сезонной динамике суточного прироста: на отдельных побегах разных клонов обнаружены большие или меньшие пиковые значения ΔL , выявлены незначительные смещения по датам достижения максимальных значений ΔL .

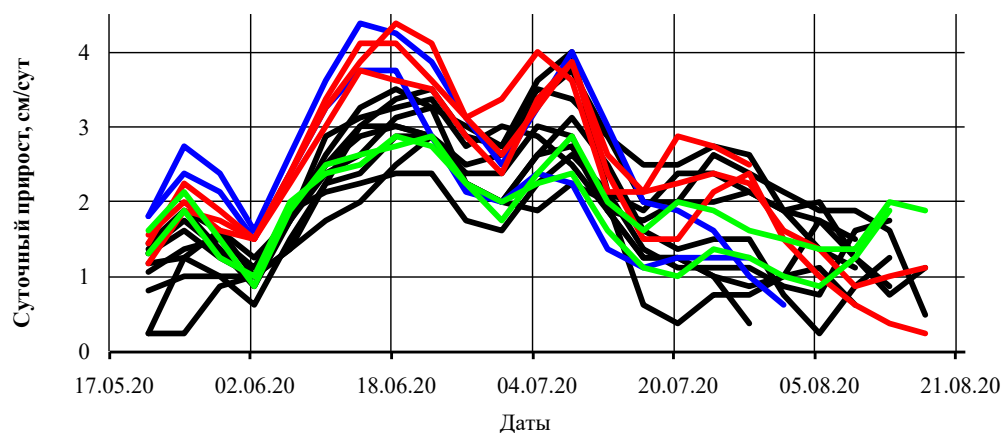


Рис. 2. Динамика суточного прироста побегов на базальных черенках

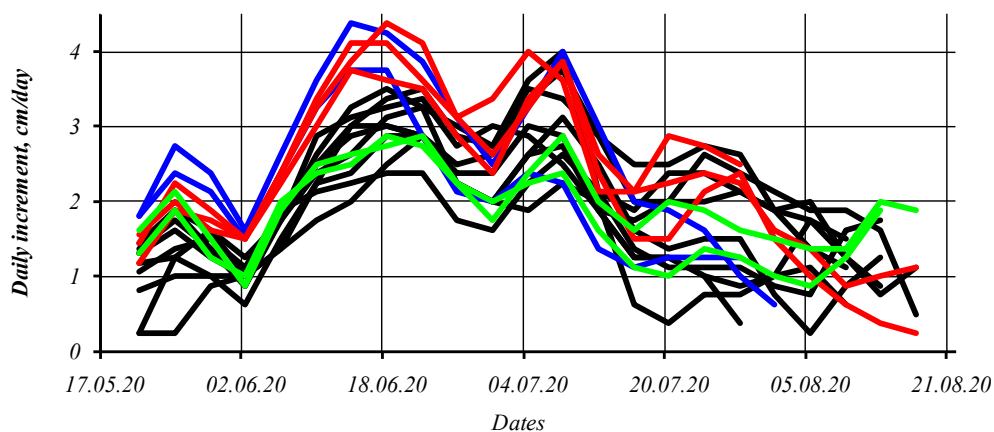


Fig. 2. Dynamics of daily increment of shoots on basal cuttings

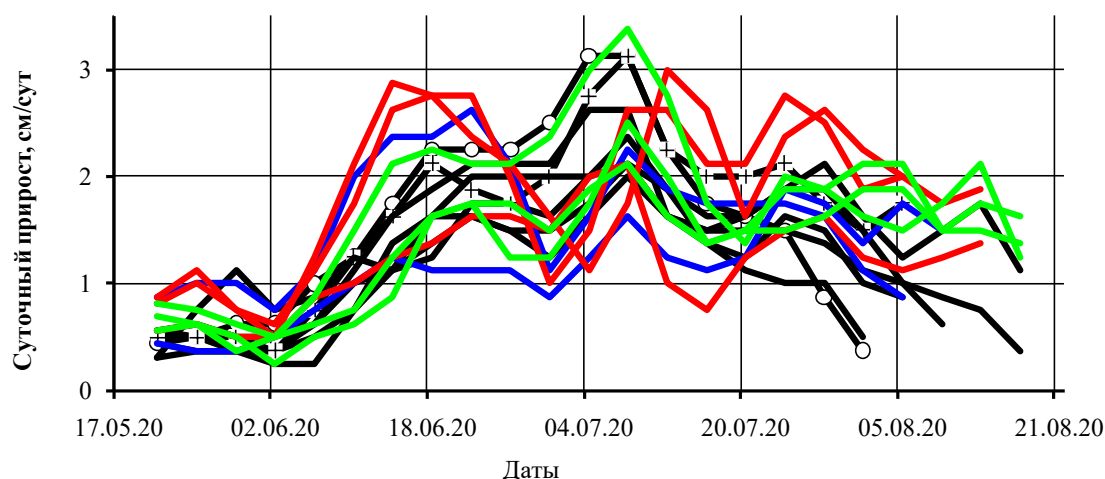


Рис. 3. Динамика суточного прироста побегов на апикальных черенках

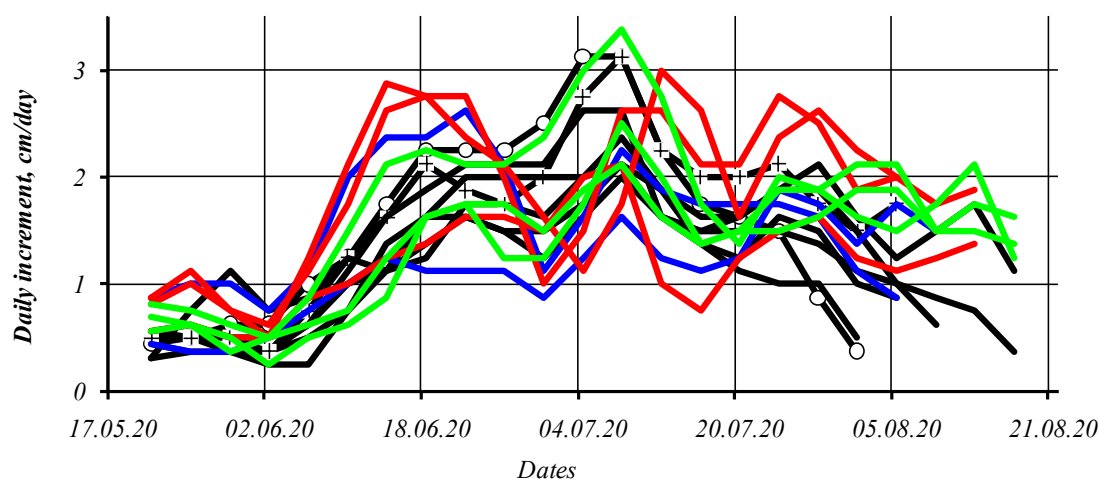


Fig. 3. Dynamics of daily increment of shoots on apical cuttings

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В модельной инбредно-клоновой популяции *S. triandra* выявлены закономерности сезонной динамики линейного нарастания побегов, полученных на однолетних саженцах, выращенных из неукорененных черенков, заготовленных из базальных и апикальных частей маточных побегов. В условиях данного эксперимента выживаемость саженцев, полученных из базальных черенков, составила 100 %; выживаемость саженцев, полученных из апикальных черенков, оказалась почти в 2 раза ниже. Годичный (L , см) и средний суточный (ΔL , см/сут) прирост побегов на базальных черенках оказался в 1,4 раза больше, чем побегов на апикальных черенках. Примерно в 50 % наблюдений суточный прирост побегов на апикальных черенках сопоставим с таковым на базальных черенках. Межклоновые различия по средним значениям ΔL оказались низкими независимо от местоположения черенков на маточных побегах. Для одного из клонов установлены высокие значения суточного прироста побегов независимо от происхождения черенков. В то же время выявлен клон, у которого низкие значения

ΔL на базальных черенках сочетаются с высокими значениями ΔL на апикальных черенках.

Подтверждена цикличность сезонной динамики суточного прироста побегов *S. triandra*, выявленная нами ранее [27, с. 104; 28 с. 1]. На исследованном материале установлено, что полный сезонный цикл включает 5 многодневных (инфраничных) циклов. Выявленные инфраничные циклы в высшей степени синхронизированы в первой половине вегетационного периода независимо от происхождения черенков. Внутриклововые различия в сезонной динамике суточного прироста, обусловленные, прежде всего, разными пиковыми значениями ΔL , выявлены для побегов на апикальных черенках; для побегов на базальных черенках эти различия незначительны.

Самые высокие значения ΔL всех побегов на базальных черенках наблюдались в период прохождения второго (июньского) максимума ΔL . При этом максимальные значения ΔL связаны с клоновой принадлежностью. Самые высокие значения ΔL большинства побегов на апикальных черенках наблюдались в период прохождения третьего (июль-

ского) максимума ΔL . В этом случае максимальные значения ΔL выявлены на побегах разных клонов. Во второй половине лета различия между пиковыми значениями ΔL на побегах, выращенных из базальных и апикальных черенков, исчезают. На побегах клонов с высокими показателями среднего суточного прироста побегов, полученных как на базальных, так и апикальных черенках, число инфрадианных циклов может уменьшаться до 3–4 независимо от происхождения черенков. Таким образом, можно предположить, что сезонная цикличность ΔL определяется именно фактором клона, а не происхождением черенков.

На основании результатов данного исследования можно сделать выводы, имеющие практическое значение при создании насаждений *S. triandra* путем посадки неукорененных черенков.

1. В условиях избыточного атмосферного увлажнения в период укоренения черенков возможно

получение высоких показателей сезонного и суточного прироста однолетних побегов.

2. Черенки рекомендуется заготавливать прежде всего из базальных частей маточных побегов, что не противоречит общепринятой практике [1, с. 168; 22, с. 380; 24, с. 66; 25, с. 796; 31, с. 116].

3. При недостатке посадочного материала можно использовать черенки из апикальных частей маточных побегов с учетом ряда недостатков этого вида посадочного материала:

- низкая приживаемость апикальных черенков;
- низкие показатели сезонного и суточного прироста однолетних побегов на апикальных черенках;
- высокий уровень внутриклоновой изменчивости прироста побегов на апикальных черенках.

4. Для заготовки апикальных черенков рекомендуется использовать проверенные клоны с высокими показателями приживаемости и продуктивности саженцев, выращиваемых как из базальных, так и апикальных черенков.

Библиографический список

1. Правдин Л. Ф. Ива, ее культура и использование. Москва: Изд-во АН СССР, 1952. 168 с.
2. Skvortsov A. K. Willows of Russia and adjacent countries. Taxonomical and geographical revision. Joensuu: University of Joensuu, 1999. 307 p.
3. Kuzovkina Y. A. Compilation of the checklist for cultivars of *Salix* L. (Willow) // HortScience. 2015. No. 50 (11). Pp. 1608–1609. DOI: 10.21273/HORTSCI.50.11.1608.
4. McElroy G. H., Dawson W. M. Biomass from short rotation coppice willow on marginal land // Biomass. 1986. No. 10. Pp. 225–240. DOI: 10.1016/0144-4565(86)90055-7.
5. Matyka M., Radzikowski P. Productivity and Biometric Characteristics of 11 Varieties of Willow Cultivated on Marginal Soil [e-resource] // Agriculture. 2020. No. 10 (12). Article number 616. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/12/616> (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.3390/agriculture10120616.
6. Fege A. S., Inman R. E., Salo D. J. Energy Farms for the Future // Journal of Forestry. 1979. No. 77 (6). Pp. 358–361.
7. Reid W. V., Ali M. K., Field C. B. The future of bioenergy // Global Change Biology. 2020. No. 26 (1). Pp. 274–286. DOI: 10.1111/gcb.14883.
8. Vanbeveren S. P. P., Ceulemans R. Biodiversity in short-rotation coppice // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. No. 111. Pp. 34–43. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.012.
9. Leirpoll M. E., Næss J. S., Cavalett O., Dorber M., Hu X., Cherubini F. Optimal combination of bioenergy and solar photovoltaic for renewable energy production on abandoned cropland // Renewable Energy. 2021. No. 168. Pp. 45–56. DOI: 10.1016/j.renene.2020.11.159.
10. Rahman S. A., Baral H., Sharma R., Samsudin Y. B., Meyer M., Lo M., Artati Y., Simamora T. I., Andini S., Leksono B., Roshetko J. M., Lee S. M. Sunderland T. Integrating bioenergy and food production on degraded landscapes in Indonesia for improved socioeconomic and environmental outcomes [e-resource] // Food and Energy Security. 2019. No. 8 (3). Article number e00165. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fes3.165> (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.1002/fes3.165.
11. Isabel N., Holliday J. A., Aitken S. N. Forest genomics: Advancing climate adaptation, forest health, productivity, and conservation // Evolutionary Applications. 2020. No. 13 (1). Pp. 3–10. DOI: 10.1111/eva.12902.
12. Nemethy S., Szemethy L. Adverse and Beneficial Effects of Woody Biomass Feedstock Plantations on Biodiversity and Wildlife Habitats // Acta Regionalia et Environmentalica. 2020. No. 16 (2). Pp. 25–33. DOI: 10.2478/aree-2019-0006.
13. Weih M., Nordh N.-E., Manzoni S., Hoeber S. Functional traits of individual varieties as determinants of growth and nitrogen use patterns in mixed stands of willow (*Salix* spp.) [e-resource] // Forest Ecology and Management. 2021. No. 479. Article number 118605. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112720313748> (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118605.
14. Fabio E. S., Smart L. B. Differential growth response to fertilization of ten elite shrub willow (*Salix* spp.) bioenergy cultivars // Trees. 2018. No. 32. Pp. 1061–1072. DOI: 10.1007/s00468-018-1695-y.

15. Pietrzykowski M., Woś B., Tylek P., Kwaśniewski D., Juliszewski T., Walczyk J., Likus-Cieślak J., Ochał W., Tabor S. Carbon sink potential and allocation in above- and below-ground biomass in willow coppice // Journal of Forestry Research. 2021. No. 32. Pp. 349–354. DOI: 10.1007/s11676-019-01089-3.
16. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год [Электронный ресурс]. Москва, 2021. 104 с. URL: http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf (дата обращения: 23.08.2021).
17. Fabio E. S., Leary C. J., Smart L. B. Tolerance of novel inter-specific shrub willow hybrids to water stress // Trees. 2019. No. 33 (4). Pp. 1015–1026. DOI: 10.1007/s00468-019-01835-4.
18. Rodríguez M. E., Doffo G. N., Cerrillo T., Luquez V. M. C. Acclimation of cuttings from different willow genotypes to flooding depth level // New Forests. 2018. No. 49. Pp. 415–427. DOI: 10.1007/s11056-018-9627-7.
19. Berlin S., Hallingbäck H.R., Beyer F., Nordh N.-E., Weih M., Rönnerberg-Wästljung A.-C. Genetics of phenotypic plasticity and biomass traits in hybrid willows across contrasting environments and years // Annals of Botany. 2017. No. 78 (1). Pp. 87–100. DOI: 10.1093/aob/mcx029.
20. Епанчинцева О. В. Особенности искусственного вегетативного размножения аркто-монтанных ив // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. № 15-1 (104). С. 182–187.
21. Yoon A., Oh H. E., Kim S. Y., Park Y. G. Plant growth regulators and rooting substrates affect growth and development of *Salix koriyanagi* cuttings [e-resource] // Rhizosphere. 2021. No. 20. Article number 100437. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452219821001336> (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.1016/j.rhisp.2021.100437.
22. Weissteiner C., Schenkenbach N., Lammeranner W., Kalny G., Rauch H. P. Cutting diameter on early growth performance of purple willow (*Salix purpurea* L.) // Journal of Soil and Water Conservation. 2019. No. 74 (4). Pp. 380–388. DOI: 10.2489/jswc.74.4.380.
23. Епанчинцева О. В., Тишкина Е. А., Монтиле А. А. Особенности роста и развития в первые годы выращивания различных таксонов рода *Salix* L. на урбанизированной территории Екатеринбурга // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2021. № 3 (64). С. 83–91. DOI: 10.34655/bgsha.2021.64.3.011.
24. Edelfeldt S., Lundkvist A., Forkman J., Verwijst T. Effects of cutting traits and competition on performance and size hierarchy development over two cutting cycles in willow // Biomass and Bioenergy. 2018. No. 108. Pp. 66–73. DOI: 10.1016/j.biombioe.2017.11.002.
25. Edelfeldt S., Lundkvist A., Forkman J., Verwijst T. Effects of cutting length, orientation and planting depth on early willow shoot establishment // BioEnergy Research. 2015. No. 8. Pp. 796–806. DOI: 10.1007/s12155-014-9560-3.
26. Verwijst T., Lundkvist A., Edelfeldt S., Forkman J., Nordh N.-E. Effects of clone and cutting traits on shoot emergence and early growth of willow // Biomass and Bioenergy. 2012. No. 37. Pp. 257–264. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.12.004.
27. Афонин А. А. Сезонная динамика длины междоузлий *Salix triandra* L. (Salicaceae) на фоне кратковременной атмосферной засухи // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2021. № 1 (209). С. 104–112. DOI: 10.18522/1026-2237-2021-1-104-112.
28. Афонин А. А. Эпигенетическая изменчивость структуры сезонной динамики развития побегов ивы трехтычинковой (*Salix triandra*, Salicaceae) [Электронный ресурс] // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2021. № 2 (38). С. 1–14. URL: http://vestospu.ru/archive/2021/articles/1_38_2021.pdf (дата обращения: 10.06.2022). DOI: 10.32516/2303-9922.2021.38.1.
29. Погода и климат. Климатический монитор. Брянск [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26898> (дата обращения: 02.09.2021).
30. Donnelly I., McDonnell K., Finnan J. Novel Approaches to Optimise Early Growth in Willow Crops // Agriculture. 2019. No. 9. Pp. 116. DOI: 10.3390/agriculture9060116.
31. Welc M., Lundkvist A., Verwijst T. Effects of propagule phenology (non-dormant versus dormant) and planting system (vertical versus horizontal) on growth performance of willow clones grown under different weeding regimes // BioEnergy Research. 2018. No. 11 (3). Pp. 703–714. DOI: 10.1007/s12155-018-9929-9.

Об авторе:

Алексей Алексеевич Афонин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ORCID 0000-0002-9392-2527, AuthorID 264352; +7 910 230-69-75, afonin.salix@gmail.com

¹ Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, Брянск, Россия

Dynamics of development of *Salix triandra* shoots on saplings from basal and apical cuttings

A. A. Afonin¹✉

¹ Bryansk State Academician I. G. Petrovski University, Bryansk, Russia

✉ E-mail: afonin.salix@gmail.com

Abstract. Purpose of research is to identify the patterns of development of shoots on annual saplings of *S. triandra* grown from cuttings taken from different parts of uterine shoots. **Research methodology and methods.** The object of the study is a model inbred-clonal population of *S. triandra*. Experimental group: replicas of eight clones. Variants for each clone: annual saplings grown from basal and apical cuttings. All variants were carried out in three replications. Material: growing annual shoots. The research was doing out in the soil-climatic conditions of the Bryansk district of the zone of broad-leaved forests. Observations were conducted against the background of excessive atmospheric moistening during the rooting of cuttings. Methods: chronobiological, numerical analysis of time series. **Results.** The seasonal growth of shoots on basal cuttings was 148–219 cm, on apical – 95–171 cm. The maximum daily increment of shoots on basal cuttings is 2.59 ± 0.148 cm/day, on apical – 1.86 ± 0.085 cm/day. The highest values of the daily increment of shoots on basal cuttings were revealed in middle of June, on apical cuttings – in middle of July. The duration of multi-day cycles of daily increment was 16–26 days, regardless of the clone factor and the origin of cuttings. The maximum number of multi-day cycles does not exceed 5. On the shoots of clones with the highest daily increment, the number of multi-day cycles decreases to 3–4. **Scientific novelty.** Under the conditions of this experiment, the cyclical development of all the studied shoots of *S. triandra* was established. Multi-day cycles of daily increment are highly synchronized in the first half of the vegetative period, regardless of the clone factor and the origin of cuttings. The range of fluctuations in the daily increment of shoots on basal cuttings is determined primarily by the clone factor. The same range of oscillations on apical cuttings is largely determined by intraclonal variability. To create plantings of *S. triandra*, it is recommended to use, first of all, cuttings from the basal parts of shoots. If there is a shortage of planting material, it is permissible to use the tops of shoots, taking into account the factor of mother clones.

Keywords: almond willow, *Salix triandra*, soil-climatic conditions, weather-climatic conditions, stem cuttings, one-year age saplings, annual shoots, daily increment, seasonal dynamics, cyclicity of increment.

For citation: Afonin A. A. Dinamika razvitiya pobegov *Salix triandra* na sazhentsakh, vyrashchennykh iz bazal'nykh i apikal'nykh cherenkov [Dynamics of development of *Salix triandra* shoots on saplings from basal and apical cuttings] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 2–12. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-2-12. (In Russian.)

Date of paper submission: 13.06.2022, **date of review:** 30.06.2022, **date of acceptance:** 12.07.2022.

References

1. Pravdin L. F. Iva, ee kul'tura i ispol'zovanie [A willow, its cultivation and use]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1952. 168 p. (In Russian.)
2. Skvortsov A. K. Willows of Russia and adjacent countries. Taxonomical and geographical revision. Joensuu: University of Joensuu, 1999. 307 p.
3. Kuzovkina Y. A. Compilation of the checklist for cultivars of *Salix* L. (Willow) // HortScience. 2015. No. 50 (11). Pp. 1608–1609. DOI: 10.21273/HORTSCI.50.11.1608.
4. McElroy G. H., Dawson W. M. Biomass from short rotation coppice willow on marginal land // Biomass. 1986. No. 10. Pp. 225–240. DOI: 10.1016/0144-4565(86)90055-7.
5. Matyka M., Radzikowski P. Productivity and Biometric Characteristics of 11 Varieties of Willow Cultivated on Marginal Soil [e-resource] // Agriculture. 2020. No. 10 (12). Article number 616. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/12/616> (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.3390/agriculture10120616.
6. Fege A. S., Inman R. E., Salo D. J. Energy Farms for the Future // Journal of Forestry. 1979. No. 77 (6). Pp. 358–361.
7. Reid W. V., Ali M. K., Field C. B. The future of bioenergy // Global Change Biology. 2020. No. 26 (1). Pp. 274–286. DOI: 10.1111/gcb.14883.
8. Vanbeverem S. P., Ceulemans R. Biodiversity in short-rotation coppice // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. No. 111. Pp. 34–43. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.012.

9. Leirpoll M. E., Næss J. S., Cavalett O., Dorber M., Hu X., Cherubini F. Optimal combination of bioenergy and solar photovoltaic for renewable energy production on abandoned cropland // *Renewable Energy*. 2021. No. 168. Pp. 45–56. DOI: 10.1016/j.renene.2020.11.159.
10. Rahman S. A., Baral H., Sharma R., Samsudin Y. B., Meyer M., Lo M., Artati Y., Simamora T. I., Andini S., Leksono B., Roshetko J. M., Lee S. M., Sunderland T. Integrating bioenergy and food production on degraded landscapes in Indonesia for improved socioeconomic and environmental outcomes [e-resource] // *Food and Energy Security*. 2019. No. 8 (3). Article number e00165. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fes3.165> (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.1002/fes3.165.
11. Isabel N., Holliday J. A., Aitken S. N. Forest genomics: Advancing climate adaptation, forest health, productivity, and conservation // *Evolutionary Applications*. 2020. No. 13 (1). Pp. 3–10. DOI: 10.1111/eva.12902.
12. Nemethy S., Szemethy L. Adverse and Beneficial Effects of Woody Biomass Feedstock Plantations on Biodiversity and Wildlife Habitats // *Acta Regionalia et Environmentalica*. 2020. No. 16 (2). Pp. 25–33. DOI: 10.2478/aree-2019-0006.
13. Weih M., Nordh N.-E., Manzoni S., Hoeber S. Functional traits of individual varieties as determinants of growth and nitrogen use patterns in mixed stands of willow (*Salix* spp.) [e-resource] // *Forest Ecology and Management*. 2021. No. 479. Article number 118605. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112720313748> (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118605.
14. Fabio E. S., Smart L. B. Differential growth response to fertilization of ten elite shrub willow (*Salix* spp.) bioenergy cultivars // *Trees*. 2018. No. 32. Pp. 1061–1072. DOI: 10.1007/s00468-018-1695-y.
15. Pietrzykowski M., Woś B., Tylek P., Kwaśniewski D., Juliszewski T., Walczyk J., Likus-Cieślak J., Ochał W., Tabor S. Carbon sink potential and allocation in above- and below-ground biomass in willow coppice // *Journal of Forestry Research*. 2021. No. 32. Pp. 349–354. DOI: 10.1007/s11676-019-01089-3.
16. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2020 god [A report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2020] [e-resource]. Moscow, 2021. 104 p. URL: http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf (date of reference: 23.08.2021). (In Russian.)
17. Fabio E. S., Leary C. J., Smart L. B. Tolerance of novel inter-specific shrub willow hybrids to water stress // *Trees*. 2019. No. 33 (4). Pp. 1015–1026. DOI: 10.1007/s00468-019-01835-4.
18. Rodríguez M. E., Doffo G. N., Cerrillo T., Luquez V. M. C. Acclimation of cuttings from different willow genotypes to flooding depth level // *New Forests*. 2018. No. 49. Pp. 415–427. DOI: 10.1007/s11056-018-9627-7.
19. Berlin S., Hallingbäck H.R., Beyer F., Nordh N.-E., Weih M., Rönnberg-Wästljung A.-C. Genetics of phenotypic plasticity and biomass traits in hybrid willows across contrasting environments and years // *Annals of Botany*. 2017. No. 78 (1). Pp. 87–100. DOI: 10.1093/aob/mcx029.
20. Epanchintseva O. V. Osobennosti iskusstvennogo vegetativnogo razmnzheniya arкто-montannyh iv [The peculiarities of artificial vegetative propagation of arcto-montane willows] // *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2011. No. 15-1 (104). Pp. 182–187. (In Russian.)
21. Yoon A., Oh H. E., Kim S. Y., Park Y. G. Plant growth regulators and rooting substrates affect growth and development of *Salix koriyanagi* cuttings [e-resource] // *Rhizosphere*. 2021. No. 20. Article number 100437. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452219821001336> (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.1016/j.rhisph.2021.100437.
22. Weissteiner C., Schenkenbach N., Lammeranner W., Kalny G., Rauch H. P. Cutting diameter on early growth performance of purple willow (*Salix purpurea* L.) // *Journal of Soil and Water Conservation*. 2019. No. 74 (4). Pp. 380–388. DOI: 10.2489/jswc.74.4.380.
23. Epanchintseva O. V., Tishkina E. A., Montile A. A. Osobennosti rosta i razvitiya v pervye gody vyrashchivaniya razlichnykh taksonov roda *Salix* L. na urbanizirovannoy territorii Ekaterinburga [Features of growth and development in the first years of growing various taxa of genus *Salix* L. in the urbanized territory of Ekaterinburg] // *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V. R. Filippova*. 2021. No. 3 (64). Pp. 83–91. DOI: 10.34655/bgsha.2021.64.3.011. (In Russian.)
24. Edelfeldt S., Lundkvist A., Forkman J., Verwijst T. Effects of cutting traits and competition on performance and size hierarchy development over two cutting cycles in willow // *Biomass and Bioenergy*. 2018. No. 108. Pp. 66–73. DOI: 10.1016/j.biombioe.2017.11.002.
25. Edelfeldt S., Lundkvist A., Forkman J., Verwijst T. Effects of cutting length, orientation and planting depth on early willow shoot establishment // *BioEnergy Research*. 2015. No. 8. Pp. 796–806. DOI: 10.1007/s12155-014-9560-3.
26. Verwijst T., Lundkvist A., Edelfeldt S., Forkman J., Nordh N.-E. Effects of clone and cutting traits on shoot emergence and early growth of willow // *Biomass and Bioenergy*. 2012. No. 37. Pp. 257–264. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.12.004.

27. Afonin A. A. Sezonnaya dinamika dliny mezhdouzliy *Salix triandra* L. (Salicaceae) na fone kratkovremennoj atmosfernoj zasuhi [Seasonal dynamics of internode length of *Salix triandra* L. (Salicaceae) against the background of short-term atmospheric drought] // Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science. 2021. No. 1. Pp. 104–112. DOI: 10.18522/1026-2237-2021-1-104-112. (In Russian.)
28. Afonin A. A. Epigeneticheskaya izmenchivost' struktury sezonnoy dinamiki razvitiya pobegov ivy trekhtychinkovoy (*Salix triandra*, Salicaceae) [Epigenetic variability of the structure of seasonal dynamics of shoot development of almond willow (*Salix triandra*, Salicaceae)] [e-resource] // Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal. 2021. No. 2 (38). Pp. 1–14. URL: http://vestospu.ru/archive/2021/articles/1_38_2021.pdf (date of reference: 10.06.2022). DOI: 10.32516/2303-9922.2021.38.1. (In Russian.)
29. Pogoda i klimat. Klimaticheskij monitor. Bryansk [Weather and climate. Climate monitor. Bryansk] [e-resource]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26898> (date of reference: 02.09.2021). (In Russian.)
30. Donnelly I., McDonnell K., Finnan J. Novel Approaches to Optimise Early Growth in Willow Crops // Agriculture. 2019. No. 9. Pp. 116. DOI: 10.3390/agriculture9060116.
31. Welc M., Lundkvist A., Verwijst T. Effects of propagule phenology (non-dormant versus dormant) and planting system (vertical versus horizontal) on growth performance of willow clones grown under different weeding regimes // BioEnergy Research. 2018. No. 11 (3). Pp. 703–714. DOI: 10.1007/s12155-018-9929-9.

Author's information:

Aleksey A. Afonin¹, doctor of agricultural sciences, professor, ORCID 0000-0002-9392-2527, AuthorID 264352; +7 910 230-69-75, afonin.salix@gmail.com

¹Bryansk State Academician I. G. Petrovski University, Bryansk, Russia

Оценка урожайности сортов суданской травы разных групп спелости

Н. А. Ковтунова¹✉, В. В. Ковтунов¹, Е. А. Шишова¹

¹ Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

✉ E-mail: n-beseda@mail.ru

Аннотация. Для каждого региона возделывания необходим набор сортов, которые будут максимально использовать природные ресурсы. Для Северо-Кавказского региона России допущено к возделыванию только 6 сортов, которым менее 20 лет. Поэтому создание новых сортов суданской травы всегда остается актуальной задачей для селекционера. Сорт – это главный фактор увеличения урожайности и производства зерна или зеленой массы. Один и тот же сорт в различных условиях возделывания имеет разную высоту растений, кустистость, облиственность. **Цель** настоящего исследования – изучить урожайность и адаптивность сортов суданской травы различных групп спелости и выделить высокопродуктивные для условий юга России. **Методология и методы исследований.** Объект исследований – сорта различных групп спелости. Исследования проводили на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 гг. Почва – обыкновенный карбонатный черноземом, с содержанием гумуса в пахотном слое 3,6 %. Подготовка почвы и уходные мероприятия проводились в соответствии с технологией возделывания суданской травы на семена. Оценка адаптивности сорта определяли по методике Л. А. Животкова. Метеорологические условия в годы проведения исследований (2019–2021 гг.) были контрастны, что позволило определить адаптивность сортов. **Результаты.** Установлено, что урожайность зеленой массы имеет тесную положительную связь с количеством осадков ($r = 0,79$) и среднюю отрицательную связь ($r = -0,59$) со средней температурой воздуха. По средней урожайности за 3 года исследований из скороспелых форм большая часть сортов была на одном уровне (21–23 т/га) в сумме за два укоса; из раннеспелой группы выделился сорт Яктик (31 т/га); в среднеранней группе – сорт Грация (43 т/га); в среднеспелой группе – сорта СТ-90 (43 т/га), Черноплечатая 10 (42 т/га) и Алиса (41 т/га). Средний коэффициент адаптивности варьировал в пределах 0,59–1,47. Наиболее высокую адаптивность к условиям возделывания показали сорта Грация, СТ-90 и Черноплечатая 10, показавшие стабильно высокую урожайность по годам.

Ключевые слова: сорт, суданская трава, группа спелости, регион, урожайность, коэффициент адаптивности.

Для цитирования: Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Шишова Е. А. Оценка урожайности сортов суданской травы разных групп спелости // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 13–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-13-21.

Дата поступления статьи: 20.04.2022, **дата рецензирования:** 17.05.2022, **дата принятия:** 23.06.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Государственный реестр селекционных достижений России ежегодно пополняется новыми сортами и гибридами различных культур. Так, на 2021 г. внесено 44 сорта суданской травы. И, казалось бы, учитывая слабое развитие животноводства, сортовой состав разнообразен и более чем достаточен. Но по многим сортам уже не ведется семеноводство, так как около 41 % сортов внесены более 20 лет назад, а некоторые – более 45 лет. Новых сортов, которым не более 5 лет, всего 5 шт., или 11 %. Однако нужно учитывать и регион допуска сортов. Для каждого региона необходим набор сортов, которые будут максимально использовать природные ресурсы, способны противостоять

стрессам, болезням и вредителям, характерным данной местности [1–4]. Для наших условий (Ростовская область) это засуха, высокие температуры, сильные ветра, среди болезней – бактериозы, пыльная и твердая головня и бурая ржавчина, среди вредителей наибольший вред наносит тля. Для Северо-Кавказского региона России допущено к возделыванию только 6 сортов, которым менее 20 лет. Поэтому создание новых сортов суданской травы всегда остается актуальной задачей для селекционера.

Новые сорта должны обладать высокой адаптивностью к изменяющимся внешним условиям, приспособленностью к механизированной уборке, обладать высокой стабильностью как по урожай-

ности, так и по качеству продукции, стрессоустойчивостью [5–7]. Сорт – это главный фактор увеличения урожайности и производства зерна или зеленой массы. Его вклад составляет до 50 % [8; 9]. А технология возделывания всего лишь помогает в большей или меньшей степени проявлению потенциальной урожайности [10; 11].

Селекция любой сельскохозяйственной культуры направлена главным образом на увеличение урожайности и соблюдение стабильности вегетационного периода. Установлено, что повысить урожайность за счет увеличения вегетационного периода гораздо легче, чем за счет других факторов [12–14]. Это объясняет тот факт, что многие сорта в Госреестре селекционных достижений, превосходя по урожайности стандарт, имеют более продолжительный период вегетации. Поэтому совмещение в сорте раннеспелости и высокой урожайности – главная задача селекционера. Для получения таких сортов необходим богатый исходный материал, прежде всего, по длине вегетационного периода.

Цель исследований – изучить урожайность и адаптивность сортов суданской травы различных групп спелости (различного происхождения) и выделить высокопродуктивные для условий юга России.

Научная новизна заключается в выделении из разных групп спелости сортов, наиболее приспособленных к изменяющимся условиям юга России не только при оперировании данными об урожайных показателях, но и при использовании коэффициента адаптивности, что может значительно сократить затраты времени и средств на выполняемую работу.

Методология и методы исследования (Methods)

Объект исследований – сорта различных групп спелости, выведенные в ФГБНУ «АНЦ Донской» и других научных учреждениях РФ: Кинельская 100 (Поволжский НИИСС им. П. Н. Константинова – филиал СамНЦ РАН, Самарская область), Мечта Поволжья, Удача, Юбилейная 20, Зональская 6 (ФГБНУ Российский НИПТИ сорго и кукурузы, г. Саратов); Саратовская 1183 (ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока, г. Саратов), Кулундинская, Приалейская, Приобская 97 (ФГБНУ Федеральный Алтайский НЦ агротехнологий, г. Барнаул), Якташ (ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН, г. Уфа), Новосибирская 84 (ФГБНУ Сибирский ФНЦ Агробиотехнологий РАН, Новосибирская область), Спутница (ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ, Ставрополь), Яктик, Грация, Алиса, Анастасия, Александрина, Светлопленчатая 1, Василек, ФП-1478, СТ-90, Чернопленчатая 10 (ФГБНУ «АНЦ «Донской», Ростовская область).

Сорта были разделены на группы спелости по продолжительности периода «всходы – выметыва-

ние» согласно методике З. С. Виноградова (1989): скороспелые – период до 40 дней, раннеспелые – 41–50 дней, среднеранние – 51–55 дней, среднеспелые – 56–65 дней, среднепоздние – 66–70 дней, поздние – более 70 дней [15].

Исследования проводили на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 гг. Предшественник – озимая пшеница. Почва – обыкновенный карбонатный чернозем с содержанием гумуса в пахотном слое 3,6 % [16].

Посев проводили в оптимальные сроки (температура почвы на глубине залегания семян 14 °С и более – первая – вторая декада мая) сеялкой «Клен-4,2». Опыты проводились в питомнике экологического испытания. Способ посева – широкорядный с междурядьями 70 см, норма высева – 340 тыс. шт. всхожих семян на 1 га. Учетная площадь делянок – 14 м², повторность двукратная. Стандарт – сорт Александрина. Подготовка почвы и уходные мероприятия проводились в соответствии с Технологией возделывания суданской травы на семена [17]. Уборка зеленой массы проводилась в 2 укоса в фазу «начало выметывания».

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2019–2021 гг.) были контрастными. Высокая температура воздуха в мае (выше среднесуточной на 2,5 °С) и хорошая увлажненность почвы (+12,6 мм к норме) способствовали дружному и быстрому прорастанию семян. Отсутствие осадков в июне и августе (ниже нормы на 60,5 и 11,5 мм) и повышенные среднесуточные температуры отрицательно сказались на урожайности зеленой массы суданской травы первого и второго укоса соответственно. Урожайность скороспелых образцов, достигнувших фазы выметывания до 10 июля, значительно ниже, чем у образцов, убранных позже. Метеорологические условия 2020 г. для роста и развития растений сорго были благоприятными. Хорошая увлажненность почвы (+28,6 мм к норме) в мае оказала положительное влияние на полевую всхожесть сорго. Однако пониженная температура воздуха (–1,10 °С к норме) отрицательно сказалась на темпах начального роста. Недобор осадков в июне (–32,5 мм к норме), а также повышенный температурный режим в июне (+2,6 °С к норме) негативно повлияли на развитие растений и нарастании зеленой массы. Для суданской травы при уборке на зеленую массу условия 2021 г. сложились вполне благоприятно. Формирование зеленой массы проходило в июне при достаточном количестве тепла и осадков. В результате урожайность зеленой массы в первом укосе в 3–4 раза выше, чем во втором укосе того же года, и в 1,5–2 раза выше, чем в предыдущие годы. Оценку адаптивности сорта определяли по методике Л. А. Животкова. Для анализа использовался показатель «среднесортная урожайность

по годам» – показатель урожайности культуры в конкретном году, который является показателем нормы реакции совокупности сортов на факторы внешней среды в конкретном году. Коэффициент адаптивности рассчитывали по каждому сорту и каждому году по формуле:

$$Ka = x_{ij} * 100 / x,$$

где x_{ij} – урожайность i -го сорта в j -й год;

x – среднесортная урожайность по годам.

Если Ka превышает 1, то такой сорт является потенциально адаптивным [18].

Результаты (Results)

Ранее нами было установлено, что урожайность зеленой массы суданской травы имеет среднюю прямую связь с продолжительностью периода «всходы – выметывание» и периода «всходы – 1-2 укос» [12; 19].

У суданской травы продолжительность вегетационного периода определяется продолжительностью периода «всходы – выметывание» или «всходы – 1-й укос». Изучено 22 сорта различных групп

спелости (скороспелая, раннеспелая, среднеранняя и среднеспелая) по основным хозяйственно-ценным признакам. В таблице 1 приведены среднegrupповые значения основных хозяйственно-ценных признаков у изученных 22 сортов.

К скороспелой группе относятся сорта с продолжительностью периода «всходы – выметывание» менее 40 дней – Кинельская 100, Кулундинская, Мечта Поволжья, Новосибирская 84, Удача, Юбилейная 20. В условиях Ростовской области они используются как источники в гибридизации. Образцы данной группы отличаются наличием очень тонкого стебля (0,5–0,6 см), низкорослостью (100–134 см), средней облиственностью (6–7 листов на растении), средней кустистостью (2,5–3,2 стебля на растении). Сорта являются низкоурожайными. Однако прослеживается тенденция увеличения содержания сырого протеина при сокращении вегетационного периода. Так, у скороспелых форм данный показатель составил 12,2 %, а у среднеспелых форм – 10,1 %.

Таблица 1
Характеристика образцов разных групп спелости, 2019–2021 гг.

Показатели	Группы спелости			
	Скороспелая	Раннеспелая	Среднеранняя	Среднеспелая
Продолжительность периода «всходы – выметывание», дни	39	47	53	58
Урожайность зеленой массы, т/га	21,7	23,5	36,5	42,5
Диаметр стебля, см	0,6	0,8	0,9	0,9
Высота растений, см	116	142	172	198
Площадь 3-го листа, см ²	115	154	186	204
Количество листьев, шт.	6,2	7,8	9,3	9,5
Кустистость, стеблей на растении	2,9	2,5	2,4	2,3
Содержание сухого вещества, %	18,1	19,1	20,1	20,3
Урожайность сухого вещества, г/м ²	3,9	4,5	7,3	8,6
Содержание сырого протеина, %	12,2	11,4	10,5	10,1
Урожайность переваримого протеина, т/га	0,31	0,34	0,51	0,57

Table 1
Characteristics of varieties of different groups of maturity, 2019–2021

Inducation	Groups of maturity			
	Fast maturing	Early maturing	Middle-early maturing	Middle maturing
Length of the period "sprouts – heading stage", days	39	47	53	58
Productivity of green mass, t/ha	21.7	23.5	36.5	42.5
Stem diameter, cm	0.6	0.8	0.9	0.9
Plant height, cm	116	142	172	198
Area of third leaf, cm ²	115	154	186	204
Number of leaf, pc	6.2	7.8	9.3	9.5
Bushiness of plants, stems on the plant	2.9	2.5	2.4	2.3
Dry matter content, %	18.1	19.1	20.1	20.3
Productivity matter content, t/ha	3.9	4.5	7.3	8.6
Crude protein content, %	12.2	11.4	10.5	10.1
Productivity digestible protein, t/ha	0.31	0.34	0.51	0.57

Сорта раннеспелой группы также используются в гибридизации в качестве источников раннеспелости (Приалейская, Приобская 97, Саратовская 1183, Якташ, Яктик, Зональская 6). Средняя продолжительность периода «всходы – 1-й укос» – 47 дней. По остальным хозяйственно ценным показателям они практически не отличаются от скороспелой группы спелости.

К среднеранней группе созревания относятся сорта с продолжительностью периода «всходы – выметывание» 51–55 дней (Грация, Светлопленчатая 1, ФП-1478, Василек), используемые в гибридизации как урожайные сорта. Урожайность зеленой массы в среднем у них составляет 36,5 т/га, сухого вещества – 7,3 т/га, переваримого протеина – 0,51 т/га. Сорта имеют средний стебель (0,9–1,1 см), являются среднерослыми (170–185 см), хорошо облиственными (9–10 листьев на растении), средней кустистости (2,1–2,6 стеблей на растении).

Среднеспелые формы – наиболее урожайная группа – Александрина (стандарт), Алиса, Анастасия, Спутница, СТ-90, Чернопленчатая 10. Урожайность зеленой массы данной группы составляет в среднем 42,5 т/га, сухого вещества – 8,6 т/га, переваримого протеина – 0,57 т/га.

Интегральным показателем хозяйственной ценности сорта и его приспособленности к условиям возделывания является уровень продуктивности. Учет урожайности зеленой массы у суданской травы проводили в два этапа: 1-й укос – с середины июня до конца июля; 2-й укос – с середины августа до середины сентября. Следует отметить, что более важным и продуктивным является первый укос зеленой массы. Обычно доля второго укоса составляет 2/3 от суммы за 2 укоса. При этом следует учитывать, что для объективной и полноценной оценки необходимы данные как минимум за 3 года исследования.

По средней урожайности за 3 года исследований из скороспелых форм большая часть сортов была на одном уровне (21–23 т/га в сумме за два укоса); из раннеспелой группы выделился сорт Яктик – 30 т/га. В условиях юга Ростовской области данные сорта используются в основном в гибридизации как источники раннеспелости. Следует отметить, что сорт Яктик – сорт селекции «АНЦ «Донской», получен от скрещивания источника скороспелости Якташ и перспективного высокоурожайного сорта Изумрудная краснопленчатая.

В группе среднеранних выделился сорт Грация по урожайности зеленой массы за 2 укоса (43 т/га) и по периоду «всходы – выметывание» (50–52 дня). Данный сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2020 г. Выведен методом многократного самоопыления и целенаправленных отборов наиболее продуктивных растений с высокой интенсивностью начального роста и послеукосного отрастания растений из гибридной

популяции, полученной от скрещивания образцов суданской травы К-460 Изумрудная и Многоотрастающая 18. Зерно чернопленчатое, масса 1000 зерен – 14,6–15,5 г. Растения сорта высокорослые (до 240 см), хорошо облиственные (30–38 %), сухо- и тонкостебельные, кустистые, особенно во втором укосе (3–5 стеблей). Сорт отличается повышенной интенсивностью начального роста и послеукосного отрастания. Рекомендуется для использования на зеленый корм, сено, выпас. Допущен по Северо-Кавказскому, Нижне-Волжскому и Центрально-Черноземному регионам России.

В группе среднеспелых сортов выделились перспективные сорта СТ-90 (43 т/га), Чернопленчатая 10 (42 т/га) и Алиса (41 т/га), находящиеся в конкурсном испытании. Продолжительность периода «всходы – выметывание» у них составляет 55–60 дней, высота растений – 195–215 см, облиственность – до 35 %. Сорт Алиса внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2019 г. Зона допуска: Северо-Кавказский, Нижне-Волжский и Центрально-Черноземный регионы России. Сорт выведен методом многократного самоопыления и целенаправленных отборов наиболее продуктивных растений из популяции, К-460 Изумрудная × Многоукозная 102. Растения сорта высокорослые (200–215 см), хорошо облиственные (30–35 %), сухо- и тонкостебельные, кустистые, особенно во втором укосе (3–5 стеблей). Семена удлиненные, пленчатые, окраска колосковых чешуй – темно-вишневая, масса 1000 зерен – 15–16 г. Сорт отличается высокой устойчивостью к поражению всеми видами головни, слабо поражается бактериозом, устойчив к повреждению тлей. Рекомендуется для использования на зеленый корм, сено, выпас.

Средний коэффициент адаптивности позволяет оценить продуктивные возможности сорта. По результатам исследований за 2019–2021 гг. у сортов суданской травы он варьировал в пределах 0,59–1,47. Коэффициент адаптивности ниже единицы имели раннеспелые и скороспелые сорта. Они были созданы и выращены в научных учреждениях, находящихся в более северных регионах России (Средне-Волжский, Нижневолжский, Уральский, Западно-Сибирский). В более жарких и засушливых условиях они быстро созревают, в результате чего не могут сформировать высокую урожайность. Коэффициент адаптивности выше единицы имели сорта среднеранней и среднеспелой групп созревания и сорт Яктик (раннеспелая группа) – это сорта селекции «АНЦ «Донской» и Северо-Кавказского ФНАЦ, то есть сорта, созданные в засушливых условиях юга России. Наиболее высокую адаптивность к условиям возделывания показали сорта Грация, СТ-90 и Чернопленчатая 10, показавшие стабильно высокую урожайность по годам (таблица 2).

Таблица 2

Урожайность зеленой массы сортов суданской травы, различных по срокам созревания, и их коэффициент адаптивности, 2019–2021 гг.

Сорт	Урожайность зеленой массы по годам, т/га				Доля урожайности относительно среднесортového значения, %			Ка*
	2019	2020	2021	Среднее	2019	2020	2021	
Скороспелые (35–40 дней)								
Кинельская 100	23	21	24	23	85,2	70,0	77,4	0,78
Кулундинская	15	18	20	18	55,6	60,0	64,5	0,60
Мечта Поволжья	18	20	25	21	66,7	66,7	80,6	0,71
Новосибирская 84	16	26	27	23	59,3	86,7	87,1	0,78
Удача	21	25	24	23	77,8	83,3	77,4	0,80
Юбилейная 20	20	21	24	22	74,1	70,0	77,4	0,74
Раннеспелые (41–50 дней)								
Приалейская	16	29	28	24	59,3	96,7	90,3	0,82
Приобская 97	18	20	22	20	66,7	66,7	71,0	0,68
Саратовская 1183	14	25	28	22	51,9	83,3	90,3	0,75
Якташ	19	23	21	21	70,4	76,7	67,7	0,72
Яктик	30	28	32	30	111,1	93,3	103,2	1,03
Зональная 1998	21	26	25	24	77,8	86,7	80,6	0,82
Среднеранние (51–55 дней)								
Грация	39	44	46	43	144,4	146,7	148,4	1,46
Светлопленчатая 1	34	29	34	32	125,9	96,7	109,7	1,11
ФП-1478	40	35	35	37	148,1	116,7	112,9	1,26
Василек	30	37	35	34	111,1	123,3	112,9	1,16
Среднеспелые (56–65 дней)								
Александрина	32	36	38	35	118,5	120,0	122,6	1,20
Алиса	37	38	42	39	137,0	126,7	135,5	1,33
Анастасия	34	32	36	34	125,9	106,7	116,1	1,16
Спутница	30	33	35	33	111,1	110,0	112,9	1,11
СТ-90	42	43	45	43	155,6	143,3	145,2	1,48
Чернопленчатая 10	38	43	44	42	140,7	143,3	141,9	1,42
Среднесортová урожайность	27	30	31	29	100	100	100	–

* Коэффициент адаптивности.

Table 2
Productivity of green mass of the Sudan grass varieties of various maturing periods and their adaptability coefficients

Variety	Green mass productivity through the years, t/ha				Share of productivity relatively to a mean varietal value, %			Ac*
	2019	2020	2021	Mean	2019	2020	2021	
Fast maturing (35–40 days)								
Kinel'skaya 100	23	21	24	23	85,2	70,0	77,4	0,78
Kulundinskaya	15	18	20	18	55,6	60,0	64,5	0,60
Mechta Povolzh'ya	18	20	25	21	66,7	66,7	80,6	0,71
Novosibirskaya 84	16	26	27	23	59,3	86,7	87,1	0,78
Udacha	21	25	24	23	77,8	83,3	77,4	0,80
Yubileynaya 20	20	21	24	22	74,1	70,0	77,4	0,74
Early maturing (41–50 days)								
Prialeyskaya	16	29	28	24	59,3	96,7	90,3	0,82
Priobskaya 97	18	20	22	20	66,7	66,7	71,0	0,68
Saratovskaya 1183	14	25	28	22	51,9	83,3	90,3	0,75
Yaktash	19	23	21	21	70,4	76,7	67,7	0,72
Yaktik	30	28	32	30	111,1	93,3	103,2	1,03
Zonal'naya 1998	21	26	25	24	77,8	86,7	80,6	0,82
Middle-early maturing (51–55 days)								
Gratsiya	39	44	46	43	144,4	146,7	148,4	1,46
Svetloplenchataya 1	34	29	34	32	125,9	96,7	109,7	1,11
FP-1478	40	35	35	37	148,1	116,7	112,9	1,26
Vasilek	30	37	35	34	111,1	123,3	112,9	1,16
Middle maturing (56–65 days)								
Aleksandrina	32	36	38	35	118,5	120,0	122,6	1,20
Alisa	37	38	42	39	137,0	126,7	135,5	1,33
Anastasiya	34	32	36	34	125,9	106,7	116,1	1,16
Sputnitsa	30	33	35	33	111,1	110,0	112,9	1,11
ST-90	42	43	45	43	155,6	143,3	145,2	1,48
Chernoplenchataya 10	38	43	44	42	140,7	143,3	141,9	1,42
Mean varietal productivity	27	30	31	29	100	100	100	—

* Adaptability coefficient.

Следует отметить, что сорта суданской травы Алиса и Грация – новые урожайные сорта, внесенные в государственный реестр селекционных достижений в 2019 и 2020 гг. соответственно. Они характеризуются высокорослостью, средней и высокой облиственностью (11–13 листьев), облиственность составляет до 40 %, являются сухо- и тонкостебельными, кустистость составляет 3–5 стеблей (во втором укосе – до 7 стеблей). Сорта отличаются повышенной интенсивностью начального роста и послеукосного отрастания, высокой устойчивостью к поражению всеми видами головни, слабо поражаются бактериозом, устойчив к повреждению тлей. Позволяют получать 2, в отдельные годы – 3 укоса зеленой массы.

Таким образом, урожайность культуры зависит не только от метеорологических условий, агротехники, но и от правильно подобранного набора сортов для конкретной почвенно-климатической зоны. А для этого следует использовать коэффициент адаптивности, что позволит сэкономить время на подбор и сократить экономические расходы на экологические испытания.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Урожайность зеленой массы суданской травы имеет среднюю прямую связь с продолжительностью периода «всходы – выметывание» ($r = 0,68 \pm 0,05$) и периода «всходы – 1–2-й укос» – $r = 0,63 \pm$

0,05. При увеличении периода «всходы – выметывание» на 1 день урожайность растет на $109,75 \text{ г/м}^2$; периода «1–2-й укос» – на $176,25 \text{ г/м}^2$. В результате изучения основных хозяйственно ценных признаков у сортов суданской травы разных групп спелости можно выявить общую тенденцию: при увеличении продолжительности вегетационного периода происходит рост увеличения всех показателей, кроме содержания сырого протеина и кустистости. Урожайность зеленой массы в сумме за 2 укоса у скороспелых форм имела значения 21–23 т/га; у раннеспелых – 20–30 т/га (максимальное значение у сорта Яктик); у среднеранних – 32–43 т/га (сорт Грация – 43 т/га); у среднеспелых – 33–43 т/га (выделились сорта СТ-90, Чернопленчатая 10 и Алиса). Средний коэффициент адаптивности варьировал в пределах 0,59–1,47, при этом адаптивными в условиях Ростовской области являются сорта среднеранней и среднеспелой групп созревания (значения $K_a \geq 1$). Наибольшая адаптивность отмечена у сортов Грация, СТ-90 и Чернопленчатая 10 со стабильно высокой урожайностью по годам. Таким образом, для сокращения затрат и времени на экологические испытания для подбора сортов в конкретной почвенно-климатической зоне рекомендуем использовать коэффициент адаптивности.

Библиографический список

1. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin [e-resource] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 84. Article number 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47536204&pf=1> (date of reference: 18.04.2022).
2. Верхоламочкин С. В., Бельченко С. А., Васькина Т. И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] в условиях юго-западной части Центральной России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 27–38.
3. Барановский А. В. Совершенствование основных элементов технологии возделывания зернового сорго гибрида Свифт в засушливых условиях Донбасса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76). С. 69–72.
4. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Кормовой потенциал гибридов сахарного сорго в засушливых условиях Центрального Предкавказья // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 4. С. 109–111.
5. Zhu Y., Wang X., Huang L., Lin C., Zhang X., Xu W., Peng J., Li Z., Yan H., Luo F., Wang X., Yao L., Peng D. Transcriptomic Identification of Drought-Related Genes and SSR Markers in Sudan Grass Based on RNA-Seq [e-resource] // Frontiers in Plant Science. 2017. No. 8. Article number 687. DOI: 10.3389/fpls.2017.00687 URL: https://www.researchgate.net/publication/319548210_Corrigendum_Transcriptomic_Identification_of_Drought-Related_Genes_and_SSR_Markers_in_Sudan_Grass_Based_on_RNA-Seq (date of reference: 18.04.2022).
6. Kovtunova N., Kovtunov V., Popov A., Volodin A., Shishova E., Romanyukin A. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F1 [e-resource] // E3S Web of Conferences. 2020. No. 175. Article number 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202017501012. URL: https://www.researchgate.net/publication/342526859_Inheritance_of_the_main_quantitative_traits_in_sweet_sorghum_hybrids_F_1 (date of reference: 18.04.2022).
7. Cunningham M. D., Ragland W. W. Plant Composition and Feeding Value of Sudangrass and Sorghum-Sudangrass in a Controlled Grazing System // Dairy Science. 2019. Vol. 54. No. 10. Pp. 1461–1464. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(71)86047-2.
8. Биктимиров Р. А., Низаева А. А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов зернового сорго в условиях Республики Башкортостан // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1 (73). С. 39–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-39-43.

9. Болдырева Л. Л., Луговская А. А. Суданская трава и сорго-суданковые гибриды как источник исходного материала для селекции // Труды КубГАУ. 2017. № 66. С. 41–45. DOI: 10.21515/1999-1703-66-41-45.
10. Kushkhov A., Berbekova N., Zhurtov A. Productivity of sudan grass and sorghum-sudangrass hybrids depending on seeding rates and planting methods in the steppe dryland zone of the Kabardino-Balkarian Republic [e-resource] // E3S Web of Conferences. 2021. No. 262. Article number 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201012 URL: https://www.researchgate.net/publication/351819137_Productivity_of_sudan_grass_and_sorghum-sudangrass_hybrids_dependent_on_seeding_rates_and_planting_methods_in_the_steppe_dryland_zone_of_the_Kabardino-Balkarian_Republic (date of reference: 18.04.2022).
11. Лаптина Ю. А., Плещачев Ю. Н., Гиченкова О. Г. Оптимизация параметров возделывания суданской травы в условиях нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 260–270. DOI: 0.32786/2071-9485-2021-02-27.
12. Плещачев Ю. Н., Лаптина Ю. А., Гиченкова О. Г. Поукосный анализ продуктивности суданской травы в зависимости от норм высева и минерального питания // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2021. № 2 (48). С. 15–20. DOI 10.32935/2221-7312-2021-48-2-15-20.
13. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С., Стройный А. М. Продуктивность суданской травы в Центральном Предкавказье // Таврический вестник аграрной науки. 2019. №1(17). С. 62–70. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-62-70.
14. Копылович В. Л., Шестаков Н. М., Радовня В. А., Карелин В. В. Кормовая продуктивность и качество сорго сахарного в условиях белорусского Полесья // Ветеринарный журнал Беларуси. 2021. № 2 (15). С. 89–93.
15. Виноградов З. С., Андрияш Н. В., Репко В. И. Селекционная ценность мировой коллекции суданской травы // Селекция, агротехника и экономика производства сорго: сборник научных трудов. Зерноград, 1989. С. 45–55.
16. Алабушев А. В., Коломийцев Н. Н., Лысенко И. Н., Пахайло А. И., Филиппов Е. Г., Щербаков В. И., Янковский Н. Г. Южно-Российские технологии ячменя. Ростов-на-Дону: ООО «Терра Принт», 2008. 272 с.
17. Горпиниченко С. И., Беседа Н. А., Ермолина Г. М., Вахрушева Л. В., Метлина Г. В., Ковтунов В. В. Технология возделывания суданской травы на семена. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2011. 20 с.
18. Животков Л. А., Морозова З. А., Секутаева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
19. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А., Ермолина Г. М. Сопряженность урожайности зеленой массы сорго с происхождением и количественными признаками // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4 (64). С. 36–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-36-41.

Об авторах:

Наталья Александровна Ковтунова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID 0000-0003-0409-5855, AuthorID 691639; n-beseda@mail.ru

Владимир Викторович Ковтунов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, ORCID 0000-0002-7510-7705, AuthorID 616572; kowtunow85@mail.ru

Елена Александровна Шишова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID 0000-0002-7406-6622, AuthorID 685902; sorgo.vniizk@mail.ru

¹ Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

Estimation of productivity of the Sudan grass varieties of different groups of maturity

N. A. Kovtunova¹✉, V. V. Kovtunov¹, E. A. Shishova¹

¹ Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

✉ E-mail: n-beseda@mail.ru

Abstract. Each region of cultivation requires a set of varieties that are able to make the most out of natural resources. For North Caucasus of Russia, only 6 varieties are approved for cultivation, which are less than 20 years old. Therefore, the development of new Sudan grass varieties has always been an urgent issue for breeders. The variety

is the main factor in improving productivity and grain or green mass production. One and the same variety under different cultivation conditions has different plant height, tilling capacity and leaf formation. **The purpose** of the current study was to determine productivity and adaptability of Sudan grass varieties of different groups of maturity and to identify highly productive ones for the south of Russia. **Methods.** The objects of the current study were the varieties of different groups of maturity. The study was carried out on the fields of the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" in 2019–2021. The soil was an ordinary carbonate chernozem, with 3.6 % of humus in the arable layer. Soil preparation and cultivation activities were carried out in accordance with the agrotechnical recommendations for sorghum cultivation in the Rostov region. The variety adaptability was estimated by the method of L. A. Zhivotkov. Meteorological conditions during the years of study (2019–2021) were contrasting, which made it possible to estimate adaptability of the varieties. **Results.** There has been established that green mass productivity has a close positive correlation ($r = 0.79$) with the amount of precipitation and a mean negative correlation ($r = -0.59$) with the average air temperature. For 3 years of study the most early maturing varieties were at the similar level of 21–23 t/ha in total for two cuts. The variety Yaktik was identified as the most productive in the early maturing group with 31 t/ha. In the middle-early maturing group the variety Gratsiya produced 43 t/ha. In the middle maturing group, the varieties ST-90, Chernoplenchataya 10 and Alisa were the best ones with 43 t/ha, 42 t/ha 41 t/ha, respectively. The mean adaptability coefficient varied within 0.59–1.47. The varieties Gratsiya, ST-90 and Chernoplenchataya 10 have shown the best adaptability to cultivation conditions, being stable in their productivity through the years of study.

Keywords: variety, Sudan grass, group of maturity, region, productivity, adaptability coefficient.

For citation: Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Shishova E. A. Otsenka urozhaynosti sortov sudanskoy travy raznykh grupp spelosti [Estimation of productivity of the Sudan grass varieties of different groups of maturity] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 13–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-13-21. (In Russian.)

Date of paper submission: 20.04.2022, **date of review:** 17.05.2022, **date of acceptance:** 23.06.2022.

References

1. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin [e-resource] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 84. Article number 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47536204&pff=1> (date of reference: 18.04.2022).
2. Verkholamochkin S. V., Bel'chenko S. A., Vas'kina T. I. Agroekologicheskoe ispytaniye ortov I gibridov sorgo kormovogo [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] v usloviyakh yugo-zapadnoy chasti Tsentral'noy Rossii [Agroecological testing of fodder sorghum varieties and hybrids [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] in the conditions of the southwestern part of Central Russia] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. No. 3. Pp. 27–38. (In Russian.)
3. Baranovskiy A. V. Sovershenstvovanie osnovnykh elementov tekhnologii vozdeleyvaniya zernovogo sorgo gibrida Swift v zasushlivykh usloviyakh Donbassa [Improvement of the elements of cultivation technology of the swift grain sorghum hybrid in arid condition of Donbass] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 2 (76). Pp. 69–72. (In Russian.)
4. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Kormovoy potentsial gibridov sakharnogo sorgo v zasushlivykh usloviyakh Tsentral'nogo Predkavkaz'ya [The feeding potential of sweet sorghum hybrids in the arid conditions of the Central Pre-Caucasus] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 4. Pp. 109–111. (In Russian.)
5. Zhu Y., Wang X., Huang L., Lin C., Zhang X., Xu W., Peng J., Li Z., Yan H., Luo F., Wang X., Yao L., Peng D. Transcriptomic Identification of Drought-Related Genes and SSR Markers in Sudan Grass Based on RNA-Seq [e-resource] // Frontiers in Plant Science. 2017. No. 8. Article number 687. DOI: 10.3389/fpls.2017.00687 URL: https://www.researchgate.net/publication/319548210_Corrigendum_Transcriptomic_Identification_of_Drought-Related_Genes_and_SSR_Markers_in_Sudan_Grass_Based_on_RNA-Seq (date of reference: 18.04.2022).
6. Kovtunova N., Kovtunov V., Popov A., Volodin A., Shishova E., Romanyukina A. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F1 [e-resource] // E3S Web of Conferences. 2020. No. 175. Article number 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202017501012. URL: https://www.researchgate.net/publication/342526859_Inheritance_of_the_main_quantitative_traits_in_sweet_sorghum_hybrids_F_1 (date of reference: 18.04.2022).
7. Cunningham M. D., Ragland W. W. Plant Composition and Feeding Value of Sudangrass and Sorghum-Sudan-grass in a Controlled Grazing System // Dairy Science. 2019. Vol. 54. No. 10. Pp. 1461–1464. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(71)86047-2.

8. Biktimirov R. A., Nizaeva A. A. Otsenka ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov zernovogo sorgo v usloviyakh Respubliki Bashkortostan [The estimation of environmental stability and adaptability of the grain sorghum varieties in the Republic of Bashkortostan] // Grain economy of Russia. 2021. No. 1 (73). Pp. 39–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-39-43. (In Russian.)
9. Boldyreva L. L., Lugovskaya A. A. Sudanskaya trava i sorgo-sudankovye gibridy kak istochnik iskhodnogo materiala dlya selektsii [Sudan grass and sorghum-Sudan hybrids as a source of initial material for breeding] // Trudy KubGAU. 2017. No. 66. Pp. 41–45. DOI: 10.21515/1999-1703-66-41-45. (In Russian.)
10. Kushkhov A., Berbekova N., Zhurtov A. Productivity of sudan grass and sorghum-sudangrass hybrids depending on seeding rates and planting methods in the steppe dryland zone of the Kabardino-Balkarian Republic [e-resource] // E3S Web of Conferences. 2021. No. 262. Article number 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201012 URL: https://www.researchgate.net/publication/351819137_Productivity_of_sudan_grass_and_sorghum-sudangrass_hybrids_depend_on_seeding_rates_and_planting_methods_in_the_steppe_dryland_zone_of_the_Kabardino-Balkarian_Republic (date of reference: 18.04.2022).
11. Laptina Yu. A., Pleskachev Yu. N., Gichenkova O. G. Optimizatsiya parametrov vozdeleyvaniya sudanskoy travy v usloviyakh nizhnego Povolzh'ya [Optimization of the parameters of cultivation of sudan grass the conditions of the lower Volga region] // Proceeding of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Education. 2021. No. 2 (62). Pp. 260–270. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-27. (In Russian.)
12. Pleskachev Yu. N., Laptina Yu. A., Gichenkova O. G. Poukosnyy analiz produktivnosti sudanskoy travy v zavisimosti ot norm vyseva i mineral'nogo pitaniya [Productivity of sudan grass depending on seed rates and fertilizing] // Theoretical and applied problems of agro-industry. 2021. No. 2 (48). Pp. 15–20. DOI: 10.32935/2221-7312-2021-48-2-15-20. (In Russian.)
13. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S., Stroyunny A. M. Produktivnost' sudanskoy travy v Tsentral'nom Predkavkaz'e [Productivity of sudangrass in Central Ciscaucasia] // Taurida herald of the agrarian science. 2019. No. 1 (17). Pp. 62–70. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-62-70. (In Russian.)
14. Kopylovich V. L., Shestak N. M., Radovnya V. A., Karelin V. V. Kormovaya produktivnost' i kachestvo sorgo sakharного v usloviyakh belorusskogo Poles'ya [Fodder productivity and quality of sweet sorghum in the conditions of Belarusian Polissya] // Veterinarnyy zhurnal Belarusi. 2021. No. 2 (15). Pp. 89–93. (In Russian.)
15. Vinogradov Z. S., Andriyash N. V., Repko V. I. Seleksionnaya tsennost' mirovoy kolleksii sudanskoy travy [Breeding value of the world collection of Sudan grass] // Seleksiya, agrotehnika i ekonomika proizvodstva sorgo: sbornik nauchnykh trudov. Zernograd, 1989. Pp. 45–55. (In Russian.)
16. Alabushev A. V., Kolomiytsev N. N., Lysenko I. N., Pakhaylo A. I., Filippov E. G., Shcherbakov V. I., Yankovskiy N. G. Yuzhno-Rossiyskie tekhnologii yachmenya [South-Russian barley technologies of barley]. Rostov-on-Don: OOO "TerraPrint", 2008. 272 p. (In Russian.)
17. Gorpichenko S. I., Beseda N. A., Ermolina G. M., Vakhrusheva L. V., Metlina G. V., Kovtunov V. V. Tekhnologiya vozdeleyvaniya sudanskoy travy na semena [Technology of Sudan grass cultivation for seeds]. Rostov-on-Don: ZAO "Kniga", 2011. 20 p. (In Russian.)
18. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekutaeva L. I. Metodika vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i seleksionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhajnost'" [Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of winter wheat varieties and breeding forms according to the trait "productivity"] // Seleksiya i semenovodstvo. 1994. No. 2. Pp. 3–6. (In Russian.)
19. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E., Shishova E. A., Ermolina G. M. Sopryazhennost' urozhaynosti zelenoy massy sorgo s proiskhozhdeniem i kolichestvennymi priznakami [Conjugacy of sorghum green mass productivity with origin and quantitative traits] // Grain economy of Russia. 2019. No. 4 (64). Pp. 36–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-36-41. (In Russian.)

Authors' information:

Natalya A. Kovtunova¹, candidate of agricultural science, leading researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, ORCID 0000-0003-0409-5855, AuthorID 691639; n-beseda@mail.ru

Vladimir V. Kovtunov¹, candidate of agricultural science, leading researcher of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, ORCID 0000-0002-7510-7705, AuthorID 616572; kovtunow85@mail.ru

Elena A. Shishova¹, candidate of agricultural science, junior researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, , ORCID 0000-0002-7406-6622, AuthorID 685902; sorgo.vniizk@mail.ru

¹Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia

Эффективность различных микроудобрений при возделывании сои

Ж. Н. Минченко¹✉

¹ Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И. И. Иванова, Курск, Россия

✉ E-mail: minchenko.knii@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – определить степень влияния различных видов микроудобрений на продуктивность и качество зерна сои при возделывании ее на базе ФГБНУ Курский ФАНЦ. В сравнительной оценке изучалась эффективность обработки семян и посевов сои в фазах 2-го и 6-го тройчатого листа комплексными микроудобрениями «МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» и «МикроФид Бор» и монохелатными удобрениями «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора». **Научная новизна.** Впервые в условиях черноземов Курской области изучено влияние различных видов микроудобрений на урожайность и качество зерна сои. **Методы.** В соответствии со схемой опыта для обработки семян и посевов сои микроудобрениями использовали ранцевый опрыскиватель. Посев проводился рядовым способом с нормой высева 600 тыс. всхожих семян на гектар. Все учеты и наблюдения проводились в соответствии с общепринятой методикой полевого опыта. Качественные показатели зерна определяли на анализаторе зерна INFRATEC™1241. Для обработки полученных экспериментальных данных использовали метод дисперсионного анализа. **Результаты.** Обработка семян в сочетании с двукратной некорневой подкормкой посевов сои микроудобрениями оказывала положительное влияние на рост и развитие растений, формирование азотфиксирующих клубеньков на корнях сои, способствовала увеличению урожайности на 0,25–0,44 т/га (10,7–18,8 %), содержанию белка в зерне на 1,0–1,9 %, жира на 0,9–1,3 % в сравнении с контрольным вариантом. Использование комплексных микроудобрений было наиболее выгодно с экономической точки зрения в сравнении с монохелатными удобрениями. Лучшие экономические показатели получены в варианте с использованием комплексного микроэлементного удобрения «МикроФид Бор» при обработке семян (1,5 л/т) в сочетании с двукратной некорневой обработкой посевов (1,5 л/га). Удобрение способствовало увеличению условно чистого дохода на 14 654 руб./га, снижению себестоимости 1 т зерна на 1 717,5 руб., росту уровня рентабельности на 32,1 %.

Ключевые слова: соя, микроудобрения, чернозем, обработка семян, некорневые подкормки, структура урожая, продуктивность, качество зерна, экономические показатели.

Для цитирования: Минченко Ж. Н. Эффективность различных микроудобрений при возделывании сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 22–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-22-32.

Дата поступления статьи: 04.05.2022, **дата рецензирования:** 30.05.2022, **дата принятия:** 15.06.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В последние годы в условиях повышенного спроса на высокобелковое зерно соя является одной из наиболее рентабельных сельскохозяйственных культур [1; 2]. Именно поэтому площади посева сои в Курской области имеют тенденцию к увеличению. Если в 2017 г. посевные площади составляли 173 тыс. га при валовом сборе зерна 290 909 т, то уже в 2021 г. площадь посевов достигла 277 тыс. га, валовой сбор зерна составил 516 000 т. Уровень урожайности сои в 2017–2021 гг. составил 17,0–21,7 ц/га, что говорит о неполном использовании потенциальных возможностей этой культуры [3–5].

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства, помимо увеличения валовых сборов зерна, остро стоит вопрос о повышении качества полученной продукции – показателе, дающем возможность товаропроизводителям реализовать полученный урожай по более выгодной для них цене [6–8]. Современные ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур в целях оптимизации минерального питания предусматривают широкое использование стимуляторов роста, биологических и микроэлементных удобрений [9–11].

Применение удобрений с микроэлементами обусловлено тем, что недостаток микроэлементов в кри-

тические фазы развития сои приводит к снижению темпов роста и развития, нарушению протекания различных процессов в организме растения на молекулярном уровне, снижению стрессоустойчивости, в результате происходит снижение уровня урожайности и качества полученной продукции [12–16].

По обеспеченности подвижными формами микроэлементов почвы Курской области являются средне- и низкообеспеченными. Исходя из этого возникает необходимость в применении удобрений с микроэлементами при возделывании сои [17]. Научно обоснованный подход в системе удобрения способствует уменьшению химической нагрузки на почву, снижению расходов энергоресурсов, получению высокого урожая зерна [18; 19].

Методология и методы исследования (Methods)

Оценку эффективности микроудобрений проводили в 2019–2022 гг. в ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в опыте лаборатории технологий возделывания полевых культур, в зернопаровом севообороте (чистый пар, озимая пшеница, соя, яровая пшеница). Объектом изучения на посевах сои были комплексные микроудобрения «МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк», «МикроФид Бор» и монохелатные удобрения «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора».

Удобрения с микроэлементами серии «МикроФид» – это глицириносодержащие высокопитательные комплексы с необходимым сбалансированным набором микроэлементов в доступной для растений хелатной форме. Удобрения позволяют восполнить недостающие элементы минерального питания в почве и растениях. Природное ПАВ, входящее в состав удобрений, способствует усилению проникновения элементов минерального питания в растения. Высокое содержание глицерина обеспечивает стимулирующий и защитный эффекты.

Удобрения серии «Реаком» – хелатные удобрения для обеспечения питания растений микроэлементами в критические фазы развития. Удобрения позволяют повысить энергию прорастания, увеличить всхожесть, стойкость к заболеваниям, плохим погодным условиям. Некорневые подкормки ускоряют цветение, опыление, повышают качество исходной продукции. Эффективно поглощаются растениями благодаря прилипающим и пленкообразующим свойствам и равномерному распределению по поверхности семян и листьев растений.

Схема опыта включала в себя варианты с использованием микроэлементных удобрений в виде предпосевной обработки семян в сочетании с некорневыми подкормками посевов сои в фазах 2-го и 6-го тройчатого листа и контроль, где обработка микроэлементными удобрениями не проводилась. Повторность в опытах трехкратная с систематическим расположением делянок, имеющих форму вытянутого прямоугольника в один ярус, с учетной площадью 100 м².

Участок с вариантами опыта располагался на черноземе типичном мощном тяжелосуглинистом. Агрохимическая характеристика опытного участка представлена следующими показателями: содержание гумуса в пахотном слое – 5,4 % (по Тюрину); щелочногидролизуемого азота – 70 мг/кг; подвижного фосфора и обменного калия 8,9 и 12,6 мг / 100 г почвы (по Чирикову); реакция почвенной среды pH = 5,6. Почва является среднеобеспеченной по содержанию В (0,34 мг/кг) и Cu (0,30 мг/кг), низкообеспеченной по содержанию подвижных форм Zn (0,32 мг/кг) и Mn (4,5 мг / 100 г).

Для посева использовали сою сорта Казачка. Проводили посев рядовым способом с шириной междурядий 15 см, нормой высева 0,6 млн всхожих семян на 1 га. Фон минерального питания – N₃₀P₃₀K₃₀.

В лабораторных условиях определяли влияние удобрений на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сои по ГОСТ 12038-84.

Для определения структурных показателей сои с каждой делянки за несколько дней до уборки отбирались сноповые образцы. Убирали сою способом прямого комбайнирования самоходным комбайном «Сампо-500», сразу же проводили учет урожая, пересчитывая его на 12-процентную влажность и 100-процентную чистоту зерна. Определяли массу 1000 зерен (ГОСТ 10842-76), натуру зерна (ГОСТ 10840-76). Качественные показатели (содержание белка и жира) определяли на анализаторе зерна Infratec™1241. Используя дисперсионный метод математического анализа (по Б. А. Доспехову), обрабатывали полученные экспериментальные данные.

Результаты (Results)

Результаты проращивания, проводимые в лабораторных исследованиях, свидетельствуют о том, что при обработке семян микроудобрениями энергия прорастания (на 3-й день проращивания) повышалась на 2,0–8,0 %, лабораторная всхожесть (на 7-й день проращивания) – на 2,7–5,3 % в сравнении с вариантом без обработки семян. Впоследствии микроудобрения оказывали стимулирующее действие и на рост проростков сои (рис. 1).

В варианте с использованием микроэлементного удобрения «МикроФид Бор» (1,5 л/т) было наибольшее увеличение энергии прорастания на 8 %, лабораторной всхожести – на 5,3 % в сравнении с контролем. Влияние удобрений «МикроФид Комплекс» (1,5 л/т) и «МикроФид Цинк» (1,5 л/т) на эти показатели было несколько ниже: энергия прорастания от их применения повышалась на 4,8–5,4 %, лабораторная всхожесть – на 3,3–4,0 %. Монохелатные удобрения «Реаком-Хелат Цинка» (1 л/т) и «Реаком-Хелат Бора» (1 л/т) обладали наименьшим стимулирующим эффектом, энергия прорастания повышалась на 2–3,4 %, а лабораторная всхожесть – на 2–2,7 %.

Микроудобрения также положительно влияли и на полевую всхожесть семян сои. При подсчете густоты стояния в период всходов сои установлено, что обработка семян микроудобрениями способствовала увеличению полевой всхожести семян на 3,3–6,1 % в сравнении с контролем (таблица 1).

В вариантах с обработкой семян комплексными микроудобрениями («МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» и «МикроФид Бор») полевая всхожесть была наиболее высокой (5,0–6,1 %). В вариантах с применением монохелатных удобрений («Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора») повышение составило 3,3–4,0 %.

Применение двукратной некорневой подкормки сои в фазы развития 2-го и 6-го тройчатого листа в сочетании с обработкой семян микроудобрениями способствовало стимулированию роста и развития растений, в результате чего растения имели более мощную корневую систему и вегетативную массу. При определении площади листовой поверхности сои установлено, что применение микроэлемент-

ных удобрений способствовало увеличению площади листовой поверхности посевов сои в фазе образования бобов на 6,1–9,5 тыс. м²/га в сравнении с контрольным вариантом (42,3 тыс. м²/га) (рис. 2).

Более высокий показатель отмечался в варианте с использованием комплексного микроэлементного удобрения «МикроФид Бор» (51,8 тыс. м²/га). Удобрения «МикроФид Комплекс» и «МикроФид Цинк» обеспечили несколько меньшую площадь листовой поверхности (49,8 и 50,1 тыс. м²/га). Монохелатные удобрения «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора» влияли на этот показатель в меньшей степени. Площадь листовой поверхности в вариантах с их применением составила 48,4 и 49,2 тыс. м²/га соответственно.

В результате наблюдений за формированием клубеньков на корнях сои установлено, что в вариантах с применением микроэлементных удобрений создавались более благоприятные условия для образования и развития клубеньковых бактерий на корнях растений. В результате этого активность бо-

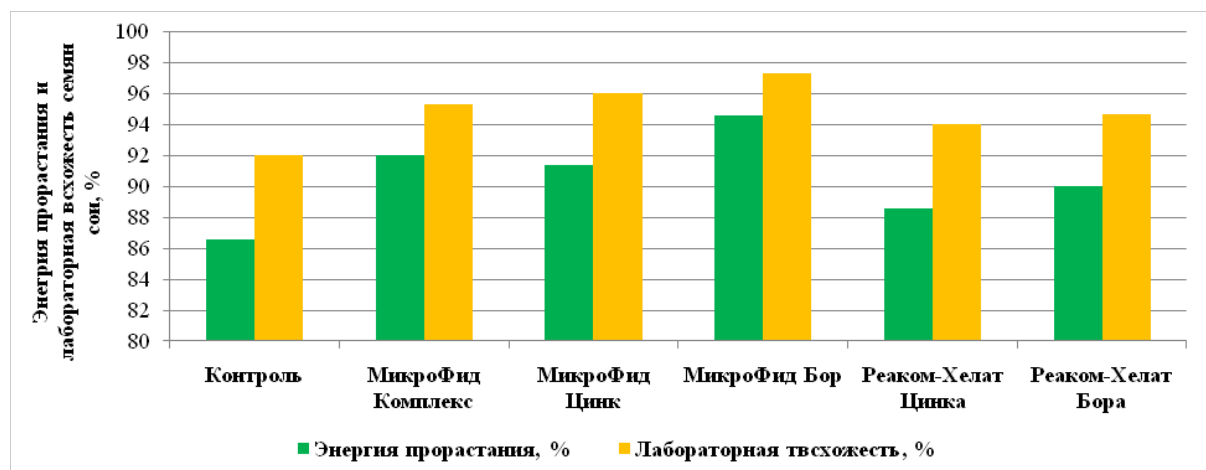


Рис. 1. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян сои в зависимости от обработки семян микроэлементными удобрениями (среднее за 2019–2021 гг.)

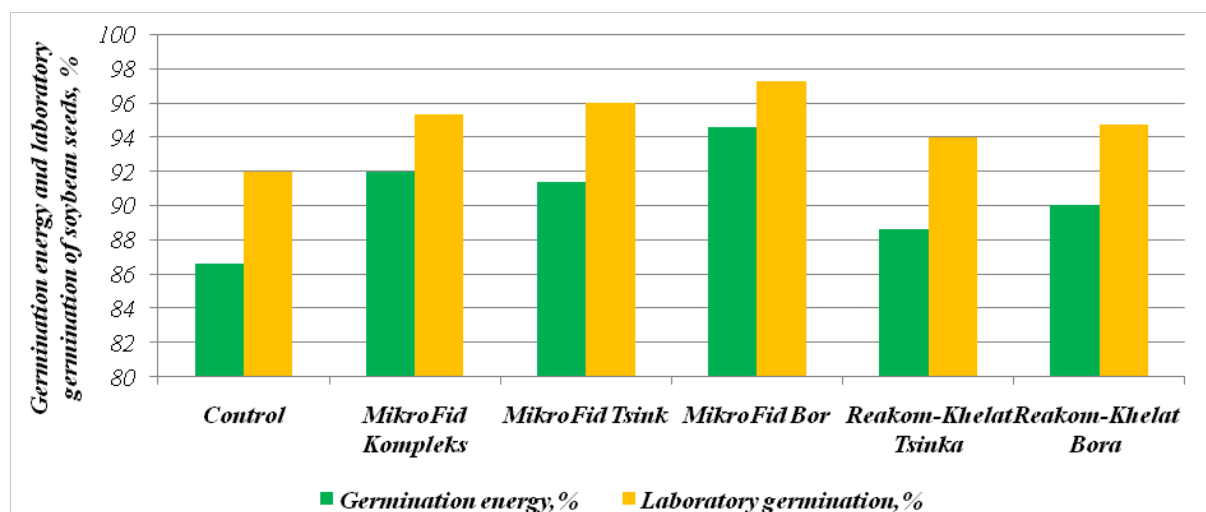


Fig. 1. Germination energy and laboratory germination of soybean seeds depending on seed treatment with trace element fertilizers (average for 2019–2021)

Таблица 1

Полевая всхожесть семян сои в зависимости от обработки микроэлементными удобрениями (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Растения, взшедшие на 1 м ² , шт.	Полевая всхожесть, %
1. Контроль (без обработки)	54,3	90,5
2. МикроФид Комплекс (1,5 л/т)	57,3	95,5
3. МикроФид Цинк (1,5 л/т)	57,0	95,0
4. МикроФид Бор (1,5 л/т)	58,0	96,6
5. Реаком-Хелат Цинка (1,0 л/т)	56,3	93,8
6. Реаком-Хелат Бора (1,0 л/т)	56,7	94,5

Table 1

Germination of seeds with microelement field fertilizers without soybean treatment depending (on average for 2019–2021)

Option	Plants that have ascended to 1 m ² , pcs.	Field germination, %
1. Control (without treatment)	54.3	90.5
2. MikroFid Kompleks (1.5 l/t)	57.3	95.5
3. MikroFid Tsink (1.5 l/t)	57.0	95.0
4. MikroFid Bor (1.5 l/t)	58.0	96.6
5. Reakom-Khelat Tsinka (1.0 l/t)	56.3	93.8
6. Reakom-Khelat Bora (1.0 l/t)	56.7	94.5

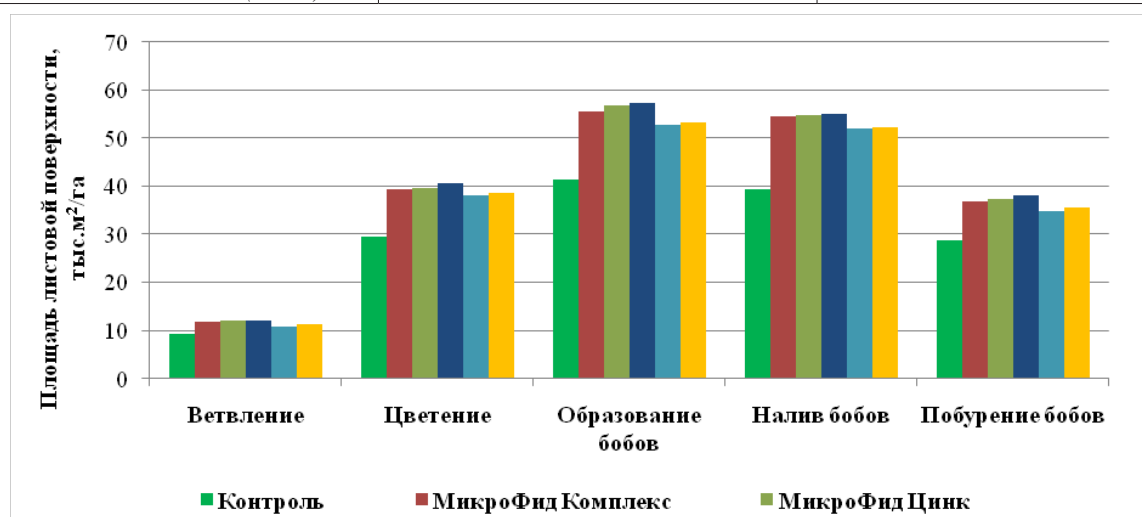


Рис. 2. Формирование площади листовой поверхности сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (среднее за 2019–2021 гг.)

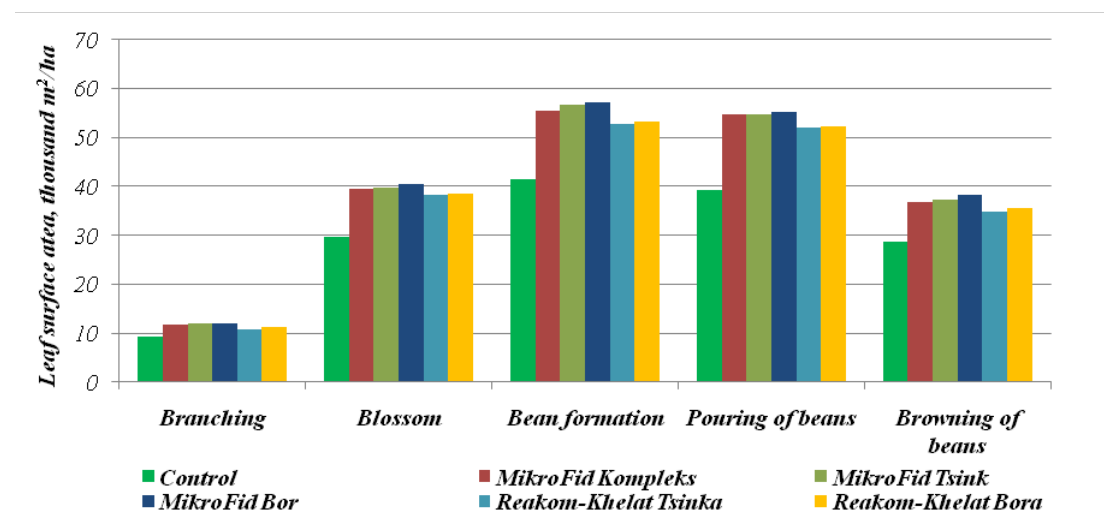


Fig. 2. Formation of the soybean leaf surface area depending on the microelement fertilizers used (average for 2019–2021)

бово-ризобиального симбиоза возросла и, как следствие, увеличилось образование азотфиксирующих клубеньков на корнях растений сои (таблица 2).

Учет азотфиксирующих клубеньков проводили в фазе плодообразования, когда развитие клубеньков достигло своего максимального значения. Наши исследования показали, что в вариантах с обработкой семян и посевов микроэлементными удобрениями количество и масса клубеньков изменялись по отношению к контролю и в зависимости от вида применяемого удобрения. Максимальное количество клубеньков было образовано в вариантах с применением комплексных микроудобрений («МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» и «МикроФид Бор»): 32,6–37,3 шт. с массой 1,75–1,91 г. Минимальные показатели были получены в результате использования монохелатных удобрений («Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора»): 28,7 и 30,2 шт. с массой 1,54 и 1,62 г.

Установлено положительное влияние изучаемых удобрений на элементы структуры урожая сои. Так, обработка семян и посевов микроудобрениями марки «МикроФид» способствовала увеличению количества бобов на 1 растении на 1,5–1,7 шт., ко-

личества зерен в 1 бобе – на 0,19–0,21 шт., массу 1000 зерен – на 0,9–1,1 г в сравнении с элементами структуры в контрольном варианте. В вариантах с применением «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора» структурные показатели по отношению к контролю возросли в меньшей степени: количество бобов с 1 растения – на 0,9–1,1 шт., озерненность 1 боба – на 0,17–0,18 шт., масса 1000 зерен – на 0,4–0,8 г (таблица 3).

Более высокий уровень урожайности сои был получен в вариантах с лучшими структурными показателями. Так, двукратная некорневая подкормка сои в сочетании с обработкой семян комплексными удобрениями с микроэлементами марки «МикроФид» способствовала повышению урожайности сои на 0,36–0,44 т/га, или на 15,4–18,8 %, в сравнении с показателем урожайности в контрольном варианте (2,34 т/га) (таблица 4).

При аналогичных способах применения монохелатных удобрений марки «Реаком» прибавки урожая сои были ниже и составили 0,25 и 0,32 т/га, что на 10,7 и 13,7 % выше, чем в контрольном варианте (таблица 3).

Таблица 2
Образование азотфиксирующих клубеньков на корнях сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (фаза плодообразования)

Варианты	Количество клубеньков, шт. на 1 растение	Масса клубеньков, г на 1 растение
1. Контроль	25,3	1,04
2. МикроФид Комплекс: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	32,6	1,75
3. МикроФид Цинк: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	34,1	1,83
4. МикроФид Бор: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	37,3	1,91
5. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	28,7	1,54
6. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	30,2	1,62

Table 2
Formation of nitrogen-fixing nodules on soybean roots depending on the microelement fertilizers used (fruit formation phase)

Option	Number of nodules, pcs. per 1 plant	Weight of nodules, g per 1 plant
1. Control	25.3	1.04
2. MikroFid Kompleks: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	32.6	1.75
3. MikroFid Tsink: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	34.1	1.83
4. MikroFid Bor: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	37.3	1.91
5. Reakom-Khelat Tsinka: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	28.7	1.54
6. Reakom-Khelat Bora: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	30.2	1.62

Таблица 3

Структурные показатели урожая сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Высота крепления нижнего боба, см	Количество бобов на 1 растении, шт.	Озерненность 1 боба, шт.	Масса зерна с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г
1. Контроль	18,7	18,8	1,94	4,52	123,8
2. МикроФид Комплекс: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	22,7	20,3	2,13	5,39	124,7
3. МикроФид Цинк: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	23,4	20,3	2,13	5,41	124,8
4. МикроФид Бор: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	23,8	20,5	2,15	5,52	124,9
5. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	20,9	19,7	2,11	5,16	124,2
6. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	22,8	19,9	2,12	5,27	124,6

Agrotechnologies

Table 3
Structural indicators of soybean yield depending on the applied trace element fertilizers, (average for 2019–2021)

Option	Mounting height of the lower bean, cm	Number of beans per 1 plant, pcs.	Water content of 1 bean, pcs.	Grain weight from 1 plant, g	Weight of 1000 grains, g
1. Control	18.7	18.8	1.94	4.52	123.8
2. MikroFid Kompleks: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	22.7	20.3	2.13	5.39	124.7
3. MikroFid Tsink: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	23.4	20.3	2.13	5.41	124.8
4. MikroFid Bor: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	23.8	20.5	2.15	5.52	124.9
5. Reakom-Khelat Tsinka: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	20.9	19.7	2.11	5.16	124.2
6. Reakom-Khelat Bora: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	22.8	19.9	2.12	5.27	124.6

В вариантах с применением микроэлементных удобрений было получено более качественное зерно сои с содержанием белка на 1,0–1,9 %, жира на 0,9–1,3 % выше в сравнении с вариантом, где микроэлементные удобрения не использовались.

Максимальное содержание белка (36,7 %) и жира (23,7 %) в зерне обеспечивало микроэлементное удобрение «МикроФид Бор» при обработке семян и двукратной обработке посевов в фазе 2-го и 6-го тройчатого листа. В вариантах с применением удобрений «МикроФид Комплекс», «МикроФид

Цинк» содержание белка в зерне увеличивалось на 1,3 и 1,5 %, жира – 1,2 %. С применением монохелатных удобрений «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора» содержание белка и жира повышалось на 1,0 и 1,2 %, 0,9 и 1,1 % по отношению к контрольному варианту при НСР₀₅ 0,5–0,6 % (рис. 3).

В результате анализа полученных экспериментальных данных установлено, что наиболее экономически эффективным на посевах сои было использование комплексного микроэлементного удобрения «МикроФид Бор». Двукратная некорневая

Таблица 4
Урожайность сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений,
(среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Урожайность, (т/га)	Прибавка, (т/га)
1. Контроль	2,34	–
2. МикроФид Комплекс: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	2,70	0,36
3. МикроФид Цинк: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	2,73	0,39
4. МикроФид Бор: обработка семян (1,5 л/т) + двукратная обработка посевов (1,5 л/га)	2,78	0,44
5. Реаком-Хелат Цинка: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	2,59	0,25
6. Реаком-Хелат Бора: обработка семян (1 л/т) + двукратная обработка посевов (1,0 л/га)	2,66	0,32
HCP ₀₅	0,16	

Table 4
Soybean yield depending on the microelement fertilizers used, (average for 2019–2021)

Option	Yield, (t/ha)	Increase, (t/ha)
1. Control	2.34	–
2. MikroFid Kompleks: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	2.70	0.36
3. MikroFid Tsink: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	2.73	0.39
4. MikroFid Bor: seed treatment (1.5 l/t) + double treatment of crops (1.5 l/ha)	2.78	0.44
5. Reakom-Khelat Tsinka: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	2.59	0.25
6. Reakom-Khelat Bora: seed treatment (1 l/t) + double treatment of crops (1 l/ha)	2.66	0.32
LSD ₀₅	0.16	

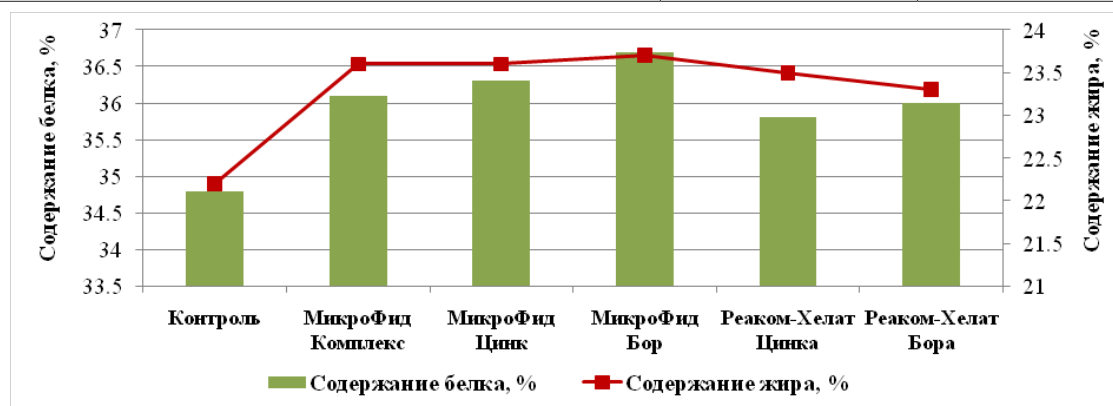


Рис. 3. Содержание белка и жира в зерне сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (2019–2021 гг.)

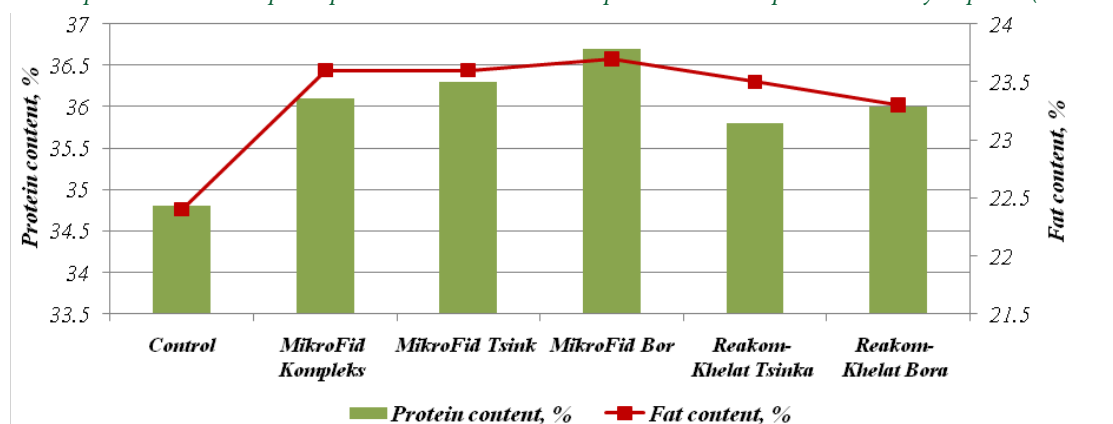


Fig. 3. Protein and fat content in soybean grain depending on the microelement fertilizers used (2019–2021)

обработка посевов сои (1,5 л/га) в фазах 2-го и 6-го тройчатого листа в сочетании с обработкой семян (1,5 л/т) удобрением обеспечила прибавку урожайности сои – 0,44 т/га (на сумму 16 500 руб/га), способствовала увеличению условно чистого дохода на 14 654 руб/га, снижению себестоимости 1 т зерна на 1 717,5 руб., росту рентабельности на 32,1 % (таблица 5).

Экономические показатели эффективности использования удобрений «МикроФид Комплекс» и «МикроФид Цинк» были несколько ниже. Урожайность в вариантах увеличилась на 0,36 и 0,39 т/га. Сумма условно чистого дохода возросла соответственно на 11 841 и 12 903 руб./га, уровень рентабельности – на 25,4 и 28,0 % при снижении себестоимости 1 т зерна на 1391,8 и 1518,8 руб. Наименьшие показатели эффективности были в вариантах с применением монохелатных удобрений «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора». Прибавка урожайности составила 0,25 и 0,32 т/га, уровень рентабельности вырос на 17,3 и 24,3 % соответственно при снижении себестоимости 1 т зерна на 973,3 и 1333,5 руб. Сумма условно чистого дохода

увеличилась на 8134 и 10 732 руб/га соответственно.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, в результате исследований установлена высокая эффективность использования различных видов удобрений с микроэлементами на посевах сои в почвенно-климатических условиях Курской области. Обработка семян и вегетирующих растений сои в фазы развития 2-го и 6-го тройчатого листа комплексными удобрениями «МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» и «МикроФид Бор» увеличивала урожайность сои на 0,36–0,44 т/га, или на 15,4–18,8 %, содержание белка зерне – на 1,3–1,9 %, жира – на 1,2–1,3 % в сравнении с контрольным вариантом.

Монохелатные удобрения «Реаком-Хелат Цинка» и «Реаком-Хелат Бора» при сравнительной оценке с комплексными микроэлементными удобрениями показали меньшую эффективность. Урожайность сои от их применения увеличилась соответственно на 0,25 и 0,32 т/га (10,7 и 13,7 %), содержание белка в зерне – на 1,0 и 1,2 %, жира – на 0,9 и 1,1 %.

Таблица 5

Экономическая эффективность различных видов микроэлементных удобрений при возделывании сои (среднее за 2019–2021 гг.)

Показатели	Вариант					
	1. Контроль	2. МикроФид Комплекс	3. МикроФид Цинк	4. МикроФид Бор	5. Реаком-Хелат Цинка	6. Реаком-Хелат Бора
1. Урожайность, т/га	2,34	2,70	2,73	2,78	2,59	2,66
2. Стоимость валовой продукции, руб.	87 750	101 250	102 375	104 250	97 125	99 750
3. Производственные затраты, руб.	35 210	36 869	36 932	37 056	36 451	36 478
4. Себестоимость продукции, руб/т	15 047,0	13 655,2	13 528,2	13 329,5	14 073,7	13 713,5
5. Чистый доход, руб/га	52 540	64 381	65 443	67 194	60 674	63 272
6. Уровень рентабельности, %	149,2	174,6	177,2	181,3	166,5	173,5

Table 5

Economic efficiency of various types of trace element fertilizers in soybean cultivation (average for 2019–2021)

Indicators	Option					
	1. Control	2. MicroFid Kompleks	3. MicroFi Tsink	4. MicroFid Bor	5. Reakom-Khhelat Tsinka	6. Reakom-Khelat Bora
Yield, t/ha	2.34	2.70	2.73	2.78	2.59	2.66
The cost of gross output, rub.	87 750	101 250	102 375	104 250	97 125	99 750
Production costs, rub.	35 210	36 869	36 932	37 056	36 451	36 478
Cost price, rub/t	15 047,0	13 655,2	13 528,2	13 329,5	14 073,7	13 713,5
Net income, rub/ha	52 540	64 381	65 443	67 194	60 674	63 272
The level of profitability, %	149.2	174.6	177.2	181.3	166.5	173.5

Библиографический список

1. Рощина Е. Ю. Эффективность производства сои в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 1. С. 78–81.
2. Дорохов А. С., Бельшклина М. Е., Большова К. К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 3. С. 25–33
3. Лазарев В. И., Шумаков В. А. Эффективность технологических приемов возделывания сои сорта Казачка с учетом особенностей сортовой агротехники // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 15–17.
4. Лазарев В. И., Башкатов А. Я., Минченко Ж. Н. Эффективность микроэлементных удобрений при возделывании сои сорта Казачка в условиях Курской области // Земледелие. 2018. № 2. С. 34–36.
5. Фадеева. А. Н., Абросимова Т. Н. Урожайность и качество семян сортов сои различного эколого-географического происхождения // Земледелие. 2019. № 3. С. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310.
6. Сычев В. Г., Милащенко Н. З., Шафран С. А. Агрохимические аспекты получения высококачественного зерна в России // Плодородие. 201. № 1 (100). С. 18–19.
7. Баширова С. А. Интенсификация сельскохозяйственного производства как важнейшее условие научно-технического прогресса // Экономический вестник Донбасса. 2019. № 2 (56). С. 103–107.
8. Лукашик А. Ф. Интенсификация сельскохозяйственного производства, как одного из направлений развития отрасли // Вестник КемРИПК. 2018. № 1. С. 30–32.
9. Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий // Земледелие. 2018. № 7. С. 42–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10712.
10. Аллахвердиев С. Р., Ерошенко В. И. Современные технологии в органическом земледелии // Международный журнал фундаментальных и прикладных исследований. 2017. № 1. С. 76–79.
11. Рафальская Н. Б., Синеговская В. Т., Рафальский С. В. Фотосинтетическая и семенная продуктивность сои при применении приемов биологизации ее возделывания в Приамурье // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 2-2. С. 305–307.
12. Бэлл Р. В., Дэлл Б. Роль микроэлементов в устойчивом производстве продовольствия, кормов, волокна и биоэнергии / Пер. с англ. Москва: Международный институт питания растений, 2017. 221 с.
13. Mousavi S., Nejad S., Nourgholipour F., Abbaszadeh Zoshkey S. Agronomic aspects of boron: fertilizers, agronomical strategy, and interaction with other nutrients. In book: Boron in Plants and Agriculture. 2022. Pp. 249–270. DOI: 10.1016/B978-0-323-90857-3.00011-4.
14. Pawlowski M., Helfenstein J., Frossard E., Hartman G. L. Boron and zinc deficiencies and toxicities and their interactions with other nutrients in soybean roots, leaves, and seeds // Journal of Plant Nutrition. 2019. No. 42 (6), Pp. 634–649. DOI: 10.1080/01904167.2019.1567782.
15. Raj A. B., Raj S. K. Zinc and boron nutrition in pulses: A review How to Cite // Journal of Applied and Natural Science. 2019. No. 11. Pp. 673–679. DOI: 10.31018/jans.v11i3.2157.
16. Семина С. А., Жеряков Е. В., Жерякова Ю. И. Динамика содержания макроэлементов в растениях сахарной свеклы при применении микроудобрений // Аграрный вестник Урала. 2020. № 01 (204). С. 21–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-21-29.
17. Пироженов В. В., Цыганков Д. Н., Мирошниченко О. Н. Мониторинг состояния плодородия пахотных почв Курской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 4. С. 12–13.
18. Тишков Н. М., Тильба В. А., Дряхлов А. А. Эффективность некорневой подкормки сои микроэлементами на черноземе выщелоченном Краснодарского края при многолетнем учете динамики изменения температурного режима и условий увлажнения // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 2017. № 2. С. 37–54.
19. Сычев В. Г. Перспективы использования новых агрохимикатов в современных агротехнологиях // Материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции «Анапа-2018». Москва, 2018. С. 3–7.

Об авторе:

Жанна Николаевна Минченко¹, аспирант, ORCID 0000-0003-4352-6013, AuthorID 1017751;
+ 7 951 330-41-35, minchenko.knii@mail.ru

¹Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, Курск, Россия

The effectiveness of various microfertilizers in the cultivation of soybeans

Zh. N. Minchenko¹✉

¹ Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia

✉ E-mail: minchenko.knii@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to determine the degree of influence of various types of micronutrients on the productivity and quality of soybean grain when it is cultivated on the basis of the Kursk State Agricultural University. In a comparative assessment, the effectiveness of processing soybean seeds and crops in phases 2 and 6 of the triple leaf with complex microfertilizers “MikroFid Kompleks”, “MikroFid Tsink” and “MikroFid Bor” and monochelate fertilizers “Reakom-Khelat Tsinka” and “Reakom-Khelat Bora” was studied. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of chernozems of the Kursk region, the influence of various types of micro-fertilizers on the yield and quality of soybean grain was studied. **Methods.** In accordance with the scheme of the experiment, a knapsack sprayer was used for processing seeds and soybean crops with micro fertilizers. Sowing was carried out in an ordinary way with a seeding rate of 600 thousand germinating seeds per hectare. All records and observations were carried out in accordance with the generally accepted methodology of field experience. Grain quality indicators were determined on the grain analyzer “INFRATECTM1241”. The method of dispersion analysis was used to process the experimental data obtained. **Results.** Seed treatment in combination with two-fold foliar fertilization of soybean crops with micro fertilizers had a positive effect on plant growth and development, the formation of nitrogen-fixing nodules on soybean roots, contributed to an increase in yield by 0.25–0.44 t/ha (10.7–18.8 %), protein content in grain by 1.0–1.9 %, fat by 0.9–1.3 %, in comparison with the control version. The use of complex micronutrients was the most economically advantageous in comparison with monochelate fertilizers. The best economic indicators were obtained in the variant using the complex microelement fertilizer “MikroFid Bor” in seed treatment (1.5 l/t), in combination with two-fold non-root treatment of crops (1.5 l/ha). The fertilizer contributed to an increase in conditional net income by 14 654 rubles/ha, a decrease in the cost of 1 ton of grain by 1717.5 rubles, and an increase in the level of profitability by 32.1 %.

Keywords: soy, micro fertilizers, chernozem, seed treatment, non-root fertilizing, crop structure, productivity, grain quality, economic indicators.

For citation: Minchenko Zh. N. Effektivnost' razlichnykh mikroudobreniy pri vozdeleyvanii soi [The effectiveness of various microfertilizers in the cultivation of soybeans] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 22–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-22-32. (In Russian.)

Date of paper submission: 04.05.2022, **date of review:** 30.05.2022, **date of acceptance:** 15.06.2022.

References

1. Roshchina E. Yu. Effektivnost' proizvodstva soi v sel'skokhozyaistvennykh organizatsiyakh Krasnodarskogo kraya [The efficiency of soybean production in agricultural organizations of the Krasnodar territory] // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2018. No. 1. Pp. 78–81. (In Russian.)
2. Dorokhov A. S., Belyshkina M. E., Bol'sheva K. K. Proizvodstvo soi v Rossiyskoy Federatsii: osnovnye tendentsii i perspektivy razvitiya [Soybean production in the Russian Federation: main trends and development prospects] // Vestnik of Ulyanovsk state Agricultural Academy. 2019. No. 3. Pp. 25–33. (In Russian.)
3. Lazarev V. I., Shumakov V. A. Effektivnost' tekhnologicheskikh priemov vozdeleyvaniya soi sorta Kazachka s uchetom osobennostey sortovoy agrotekhniki [The effectiveness of technological methods of cultivating soybeans of the Kazachka variety, taking into account the peculiarities of varietal agrotechnics] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii. 2018. No. 1. Pp. 15–17. (In Russian.)
4. Lazarev V. I., Bashkatov A. Ya., Minchenko Zh. N. Effektivnost' mikroelementnykh udobreniy pri vozdeleyvanii soi sorta Kazachka v usloviyakh Kurskoy oblasti [The effectiveness of trace element fertilizers in the cultivation of soybeans of the Kazachka variety in the conditions of the Kursk region] // Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 34–36. (In Russian.)
5. Fadeeva A. N., Abrosimova T. N. Urozhainost' i kachestvo semyan sortov soi razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya [Yield and seed quality of soybean varieties of various ecological and geographical origin] // Zemledelie. 2019. No. 3. Pp. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310. (In Russian.)

6. Sychev V. G., Milashchenko N. Z., Shafran S. A. Agrokhimicheskie aspekty polucheniya vysokokachestvennogo zerna v Rossii [Agrochemical aspects of obtaining high-quality grain in Russia] // Plodorodie. 2018. No. 1 (100). Pp. 18–19. (In Russian.)
7. Bashirova S. A. Intensifikatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva kak vazhneishee uslovie nauchno-tehnicheskogo progressa [Intensification of agricultural production as the most important condition for scientific and technological progress] // Ekonomicheskii vestnik Donbassa. 2019. No. 2 (56). Pp. 103–107. (In Russian.)
8. Lukashik A. F. Intensifikatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva kak odnogo iz napravleniy razvitiya otrasli [Intensification of agricultural production as one of the directions of development of the industry] // Vestnik KemRIPK. 2018. No. 1. Pp. 30–32. (In Russian.)
9. Pykhtin I. G., Gostev A. V. Kontseptual'naya model' postroeniya struktury bazy dannykh resursosberegayushchikh agrotekhnologii [A conceptual model for building a database structure of resource-saving agricultural technologies] // Zemledelie. 2018. No. 7. Pp. 42–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10712. (In Russian.)
10. Allakhverdiev S. R., Eroshenko V. I. Sovremennye tekhnologii v organicheskom zemledelii [Modern technologies in organic farming] // Mezhdunarodnyy zhurnal fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy. 2017. No. 1. Pp. 76–79. (In Russian.)
11. Rafal'skaya N. B., Sinegovskaya V. T., Rafal'skiy S. V. Fotosinteticheskaya i semennaya produktivnost' soi pri primenении priemov biologizatsii ee vozdeleyvaniya v Priamur'e [Photosynthetic and seed productivity of soybeans when using methods of biologization of its cultivation in the Amur region] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2018. No. 2-2. Pp. 305–307. (In Russian.)
12. Bell R. V., Dell B. Rol' mikroelementov v ustoychivom proizvodstve prodovol'stviya, kormov, volokna i bioenergii [The role of trace elements in the sustainable production of food, feed, fiber and bioenergy] / Translate from English. Moscow: Mezhdunarodnyy institut pitaniya rasteniy, 2017. 221 p. (In Russian.)
13. Mousavi S., Nejad S., Nourgholipour F., Abbaszadeh Zoshkey S. Agronomic aspects of boron: fertilizers, agronomical strategy, and interaction with other nutrients. In book: Boron in Plants and Agriculture. 2022. Pp. 249–270. DOI: 10.1016/B978-0-323-90857-3.00011-4.
14. Pawlowski M., Helfenstein J., Frossard E., Hartman G. L. Boron and zinc deficiencies and toxicities and their interactions with other nutrients in soybean roots, leaves, and seeds // Journal of Plant Nutrition. 2019. No. 42 (6), Pp. 634–649. DOI: 10.1080/01904167.2019.1567782.
15. Raj A. B., Raj S. K. Zinc and boron nutrition in pulses: A review How to Cite // Journal of Applied and Natural Science. 2019. No. 11. Pp. 673–679. DOI: 10.31018/jans.v11i3.2157.
16. Semina S. A., Zheryakov E. V., Zheryakova Yu. I. Dinamika soderzhaniya makroelementov v rasteniyakh sakharной svekly pri primenении mikroudobreniy [Dynamics of macronutrient content in sugar beet plants with the use of micronutrients] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 01 (204). Pp. 21–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-21-29. (In Russian.)
17. Pirozhenko V. V., Tsygankov D. N., Miroshnichenko O. N. Monitoring sostoyaniya plodorodiya pakhotnykh pochv Kurskoy oblasti [Monitoring of the state of fertility of arable soils of the Kursk region] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. No. 4. Pp. 12–13. (In Russian.)
18. Tishkov N. M., Til'ba V. A., Dryakhlov A. A. Effektivnost' nekornevoy podkormki soi mikroelementami na chernozeme vyshchelochennom Krasnodarskogo kraya pri mnogoletnem uchete dinamiki izmeneniya temperaturnogo rezhima i usloviiy uvlazhneniya [The effectiveness of foliar fertilization of soybeans with trace elements on the leached chernozem of the Krasnodar Territory with long-term consideration of the dynamics of changes in temperature conditions and humidification conditions] // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2017. No. 2. Pp. 37–54. (In Russian.)
19. Sychev V. G. Perspektivy ispol'zovaniya novykh agrokhimikatov v sovremennykh agrotekhnologiyakh [Prospects for the use of new agrochemicals in modern agricultural technologies] // Anapa-2018: materialy dokladov uchastnikov 10-y nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moscow, 2018. Pp. 3–7. (In Russian.)

Author's information:

Zhanna N. Minchenko¹, postgraduate, ORCID 0000-0003-4352-6013, AuthorID 1017751; +7 951 330-41-35, mincheko.knii@mail.ru

¹ Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia

Качественный состав гумуса чернозема выщелоченного в севооборотах северной лесостепи Южного Урала

Л. П. Шаталина¹✉, Ю. Б. Анисимов¹, Е. Л. Калюжина¹

¹ Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
Тимирязевский, Россия

✉ E-mail: lubashatalina@mail.ru

Аннотация. Целью исследований было установить степень агрогенного воздействия на качественный состав гумуса мониторингом содержания углерода общего, углерода гуминовых и фульвокислот в пахотном слое почвы чернозема выщелоченного. Проведена сравнительная оценка динамики группового состава гумуса чернозема выщелоченного в условиях северной лесостепи Челябинской области в различных севооборотах на двух фонах удобренности Р и NР. **Методы.** Исследования проводили в длительном полевом опыте с 1998 по 2021 гг. Групповой состав гумуса определялся в почвенных образцах, отобранных с каждого варианта опыта через каждые пять лет, ускоренным пирофосфатным методом по схеме И. В. Тюрина в модификации В. В. Понамаревой и Т. А. Плотниковой. **Результаты.** По результатам наших исследований качественных показателей гумуса было установлено, что слабокислые почвы чернозема выщелоченного при длительном внесении минеральных удобрений в умеренных дозах характеризовались доминирующим содержанием углерода гуминовых кислот (C_k) независимо от вариантов севооборотов. Установлено, что среднее отношение содержания углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот на фоне Р в зерновом двухпольном севообороте по сравнению с зернопаровым четырехпольным севооборотом на 25 % шире. При бессменном возделывании яровой пшеницы на фоне минерального питания NР отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот (C_k/C_{fk}) в среднем за период исследований было на 20,5 % более широким по сравнению с зернопаровым четырехпольным севооборотом за счет снижения процесса гумификации. Установлены сильные корреляционные зависимости между содержанием углерода общего от осадков вегетационного периода на фоне Р в зернопаровом четырехпольном севообороте и зерновом двухпольном. **Научная новизна** заключается в исследовании динамики изменений направленности группового состава гумуса в различных севооборотах при разных уровнях удобренности и агротехнологиях возделывания.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, гумус, углерод фульвокислот, углерод гуминовых кислот, минеральные удобрения, севооборот.

Для цитирования: Шаталина Л. П., Анисимов Ю. Б., Калюжина Е. Л. Качественный состав гумуса чернозема выщелоченного в севооборотах северной лесостепи Южного Урала // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 33–46. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-33-46.

Дата поступления статьи: 10.06.2022, **дата рецензирования:** 27.06.2022, **дата принятия:** 07.07.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В системе гумусовых веществ почв наблюдаются негативные изменения, что отмечается в ряде работ отечественных и зарубежных авторов [19]. Морфологические особенности чернозема выщелоченного – это преобладающий тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Материнской породой преимущественно служат yellow-brown deluvial carbonate clays и heavy loam, изредка встречаются и породы более легкого гранулометрического состава. Черноземные почвы наиболее плодородны и ценны, их образование во многом

связано с развитием разнотравно-злаковой растительности (pluma: fescue, adsurgit, avena, tolles adipem, sapiens, lyadvenets, lactariis medica flavo, bell), которая, в свою очередь, с климатическими условиями оказывает большое влияние на процессы гумификации органического вещества. Современные системы земледелия подразумевают не только сохранение достигнутого уровня гумусного состояния почв, но и разработку методов и приемов управления его качественным составом. Агрогенное влияние на пахотный слой почвы оказывает не только интенсивность использования пашни,

но и масштабность проводимых агротехнических мероприятий как один из самых быстрых мощных факторов эволюции почвенного покрова. При сельскохозяйственном освоении верхние горизонты почв подвергаются механическому и химическому воздействию, вследствие чего нарушается баланс поступления органических и минеральных веществ и микробиологической активности почв, наступает прогрессирующая деградация черноземов [1; 2].

Регулировать процесс почвенной деградации и оптимизировать содержание гумусовых веществ почвы можно вовлечением пожнивно-корневых остатков в биокруговорот [3; 4].

Проектировать севообороты в соответствии с экологическими принципами, нацеленными не только на увеличение продуктивности, но и на реализацию их влияния на плодородие почвы [5; 6], – основная задача при повышении конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции.

Черноземы выщелоченные представляют основную часть общей площади пахотных земель Челябинской области (до 30,2 %). Гумусовые вещества в разной степени устойчивы к расщеплению и стабильности, поэтому одной из первоочередных задач современного земледелия можно назвать направленность на качественный состав гумуса, обеспечивающий повышение плодородия почвы. Нет однозначного мнения о влиянии применения удобрений, интенсивности использования пашни на качественный состав гумуса. Недостаточно оценивать уровень плодородия по уровню гумусированности, необходимо иметь четкие оценки его качественных характеристик. В почве при использовании удобрений возникают новые уровни локального состояния гумуса, соответствующие поступлению органического вещества с растительными остатками и удобрениями и его минерализации [7]. Процессы синтеза и минерализации гумуса напрямую влияют на его групповой состав [8].

Цель исследований – установить степень изменения группового состава гумуса в зависимости от интенсивности использования пашни в севооборотах.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследований была почва чернозема выщелоченного Южного Урала. Верхний горизонт почвы – пахотный слой, аккумулирующий органическое вещество. Глубина пахотного слоя почвы под опытным участком небольшая (25–30 см); реакция почвенной среды слабокислая и нейтральная ($pH = 5,1...7,0$); обеспеченность подвижным фосфором слабая (4,5 мг / 100 г почвы); содержание гумуса – 6–6,5 %; сумма поглощенных оснований – 28–30 мг-экв / 100 г почвы; гранулометрический состав тяжелосуглинистый.

Исследования проводили в длительном полевом опыте. Госзадание темы – изучить эффективность ресурсного потенциала пахотных земель и сельскохозяйственных культур на основе оптимизации полевых севооборотов на территории землепользования ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» с 1998 по 2021 гг.

Схема опыта реализована на двух фонах минерального питания: фон Р и фон NP:

1. Зернопаровой четырехпольный севооборот: фон Р-Р₂₂ и фон NP-N₃₀ P₂₂.
2. Зернопаротравяной 10-польный севооборот: фон Р-Р₂₇ и фон NP-N₃₆ P₂₇.
3. Зерновой двухпольный севооборот: фон Р-Р₃₀ и фон NP-N₈₀ P₃₀.
4. Пшеница бессменно: фон Р-Р₃₀ и фон NP-N₈₀ P₃₀.

С 2011 г. фон Р – без удобрений. Схема опыта включала различные варианты севооборотов:

1. Зернопаровой четырехпольный севооборот: пар – озимая рожь – горох – пшеница.
2. Зернопаротравяной десятипольный севооборот: пар – озимая рожь – горох – пшеница – ячмень – люцерна – люцерна 2-го года – люцерна 3-го года – пшеница – пшеница.
3. Зерновой двухпольный севооборот: овес – пшеница.
4. Яровая пшеница бессменно.

Агротехника в опыте общепринятая для лесостепных агроландшафтов Челябинской области, основанная на отвальной обработке почвы [9, с. 8–10]. Для экологизации земледелия академик В. И. Кирюшин указывает, что значительный приоритет имеет развитие минимизации обработки почвы и прямого посева и с 2014 г. агротехника в опыте проводилась по нулевой технологии [10].

Групповой состав гумуса определялся в почвенных образцах, отобранных с каждого варианта опыта, через каждые пять лет ускоренным пирофосфатным методом по схеме И. В. Тюрина в модификации В. В. Понамаревой и Т. А. Плотниковой.

Для математической обработки данных использовалась компьютерная программа статистической обработки данных Snedecor.

Результаты (Results)

Известно, что любые изменения в землепользовании ведут к изменению запасов углерода и других биогенов в почвах, поэтому необходим мониторинг их содержания для осуществления эффективного контроля и управления почвенными ресурсами. Вовлечение черноземов в пашню сопровождается изменением как содержания, так и состава гумуса, а трансформация гуминовых кислот имеет важнейшее значение для исполнения их эколого-продукционных функций [11]. Более полная картина содержания органического углерода,

используемого для расчета количества гумуса, наблюдается при изучении группового и фракционного состава гумуса [12]. Для выщелоченных черноземов характерно преобладание зрелых гуминовых кислот, что свидетельствует о высоком потенциальном плодородии этих почв [13]. В составе гумуса на выщелоченных черноземах наблюдается тенденция к росту сложных гумусовых кислот с большей интенсивностью по сравнению с черноземами типичными [14]. Минеральные удобрения оказывают длительное неблагоприятное воздействие на органическое вещество, уменьшают уровень содержания общего углерода и количество гуминовых кислот в составе органического вещества. В настоящее время исследования, посвященные геохимическим циклам биогенных элементов, особенно актуальны в связи с глобальными изменениями климата [15–19].

Исследования почвы проводились на восточном склоне Южного Урала и прилегающей зоне Зауралья. Годовая сумма осадков колебалась в пределах 350–450 мм с увеличением на юге до 700 мм. Преобладают равнинные пространства с

высотой над уровнем моря от 200 до 400 м. Разнообразие рельефа, неоднотипность увлажнения и климатических показателей указывают на неоднородность почвенного покрова. Почвы чернозема выщелоченного занимают 1249,7 тыс. га из общей площади пахотных земель Челябинской области. На этих почвах сосредоточена большая часть земельного ресурса сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции, а наблюдение за сохранением и восполнением почвенного плодородия стало одной из задач наших исследований. Плодородие почв оценивается по состоянию гумусового слоя пахотного горизонта, по мониторингу баланса гумуса в зависимости от агрогенного воздействия.

Качественный состав гумуса определяется отношением углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот, для расчетов используется содержание углерода общего. В результате изучения мониторинга изменений углерода общего в пахотном слое почвы чернозема выщелоченного установлено, что бессменное возделывание яровой пшеницы существенно снижает его на 12 % (таблица 1).

Таблица 1

Динамика содержания углерода гуминовых кислот в слое почвы 0–20 см чернозема выщелоченного по вариантам опыта, %

Вариант севооборота (фактор А)	Фон минерального питания (фактор В)	Годы (фактор С)						Различия по А
		1998	2003	2008	2013	2021	Среднее	
1. Зернопаровой четырехпольный	Р	1,47	1,47	1,60	1,64	1,46	1,53	контроль
	NP	1,75	1,50	1,66	1,69	1,84	1,69	
2. Зернопаротравяной десятипольный	Р	1,31	1,53	1,46	1,38	1,48	1,43	–0,08
	NP	1,46	1,69	1,66	1,61	1,70	1,62	
3. Зерновой двухпольный	Р	1,49	1,61	1,77	1,62	1,54	1,56	–0,09
	NP	1,45	1,29	1,43	1,40	1,58	1,47	
4. Яровая пшеница бессменно (контроль)	Р	1,40	1,12	1,13	1,77	1,89	1,46	–0,185
	NP	1,37	1,10	1,07	1,76	1,62	1,38	
Средние по С		1,46	1,41	1,47	1,61	1,64		
Различия по С		К	–0,05	0,01	0,15	0,16		
HCP _{0,5} A = 0,11; HCP _{0,5} B = 0,07 не сущ.; HCP _{0,5} C = 0,11; HCP _{0,5} AB = 0,15; HCP _{0,5} AC = 0,24; HCP _{0,5} BC = 0,17 не сущ.								

Table 1

Dynamics of the carbon content of humic acids in the soil layer 0–20 cm of leached chernozem according to the variants of the experiment, %

Crop rotation option (factor A)	Background of mineral nutrition (factor B)	Years (factor C)						Differences by A
		1998	2003	2008	2013	2021	Average	
1. Grain-steam four- pole	P	1.47	1.47	1.60	1.64	1.46	1,53	control
	NP	1.75	1.50	1.66	1.69	1.84	1,69	
2. Grain – and – grass ten-field	P	1.31	1.53	1.46	1.38	1.48	1,43	–0,08
	NP	1.46	1.69	1.66	1.61	1.70	1,62	
3. Grain two-floor	P	1.49	1.61	1.77	1.62	1.54	1,56	–0,09
	NP	1.45	1.29	1.43	1.40	1.58	1,47	
4. Spring wheat – without change	P	1.40	1.12	1.13	1.77	1.89	1,46	–0,185
	NP	1.37	1.10	1.07	1.76	1.62	1,38	
Average by C		1,46	1.41	1.47	1.61	1.64		
The differences by C		K	–0.05	0.01	0.15	0.16		
LSD _{0,5} A = 0.11; LSD _{0,5} B = 0.07 insignificant; LSD _{0,5} C = 0.11; LSD _{0,5} AB = 0.15; LSD _{0,5} AC = 0.24; LSD _{0,5} BC = 0.17 insignificant.								

Это связано с уменьшением емкости катионного обмена (ЕКО) в почвенно-поглощающем комплексе (ППК), величина которой составила 31,6 м-экв / 100 г почвы, что существенно меньше по сравнению с другими вариантами опыта при степени насыщенности основаниями 86 %. Отмечено, что содержание углерода общего по годам исследований существенно зависит от севооборота и условий года.

Условия лет отбора почвенных проб были различными: 1998 и 2021 гг. засушливые (ГТК = 0,7), сумма положительных температур (S) составила 2584 °С и 2679 °С; 2003 и 2008 гг. обеспеченно-влажные (ГТК = 1,4), S = 2581 °С и ГТК = 1,5, S = 2427°С; 2013 г. избыточно увлажненный (ГТК = 1,8), S = 2729 °С. Процесс разложения растительных остатков в связи с этим идет с различной скоростью в зависимости от микробиологической активности почв. В теплый влажный период микробиологическая активность почв высокая.

Содержание общего органического углерода почвы в зернопаровом четырехпольном севообороте и зерновом двухпольном севообороте на фоне удобрения Р зависит от осадков за период вегетации сельскохозяйственных культур на 72 % и 62 % соответственно (рис. 1).

Варианты севооборотов 1 и 3 имеют равнозначные коэффициенты корреляции и на фоне удобрения Р. Зависимость содержания углерода органического от осадков вегетационного периода составляла 35 %.

Слабая корреляционная зависимость между содержанием органического углерода почвы и осадками за вегетационный период установлена в зернопаротравяном 10-польном севообороте на фоне удобрения Р и при бессменном возделывании яровой пшеницы на фоне НР. Следовательно, осадки за вегетационный период способствуют большому поступлению пожнивно-корневых остатков в пахотный слой почвы в 1 и 3 варианте севооборотов на фоне удобрения Р.

В результате корреляционного анализа установлена сильная зависимость содержания органического углерода почвы от суммы положительных температур на 3 варианте (зерновой двухпольный севооборот) на 64 % (рис. 2).

Содержание углерода общего органического в варианте севооборота 1 (фон Р) и 3 (фон НР) зависит на 55 % от суммы положительных температур воздуха. Установлена корреляционная зависимость между содержанием углерода общего органического с годовым количеством осадков (рис. 3).

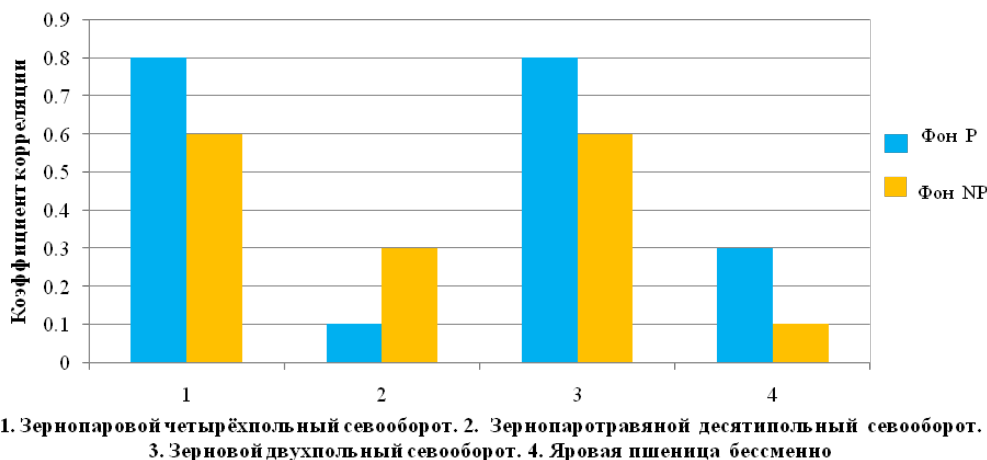


Рис. 1. Коэффициенты корреляции содержания общего органического углерода почвы с осадками за вегетационный период за 1998–2021 гг.

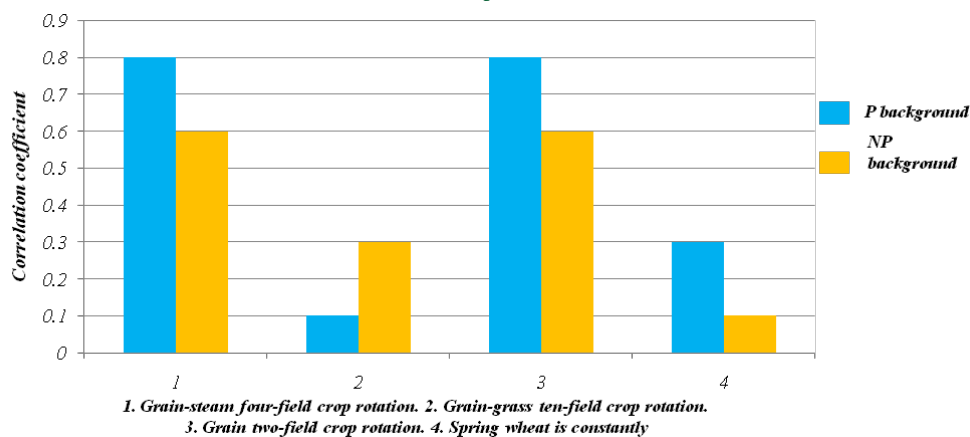


Fig. 1. Correlation coefficients of the total organic carbon content of the soil with precipitation during the growing season for 1998–2021

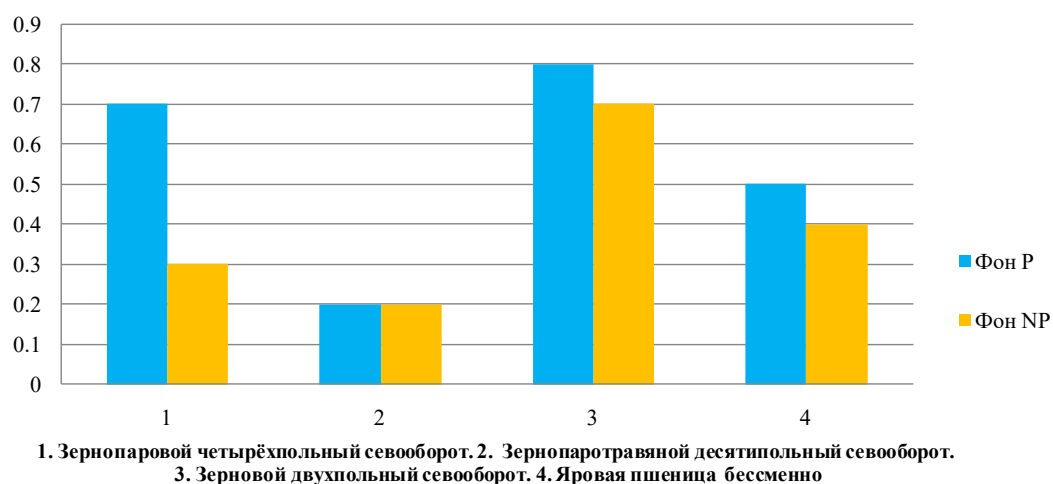


Рис. 2. Коэффициенты корреляции общего органического углерода почвы с суммой положительных температур воздуха за 1998–2021 гг.

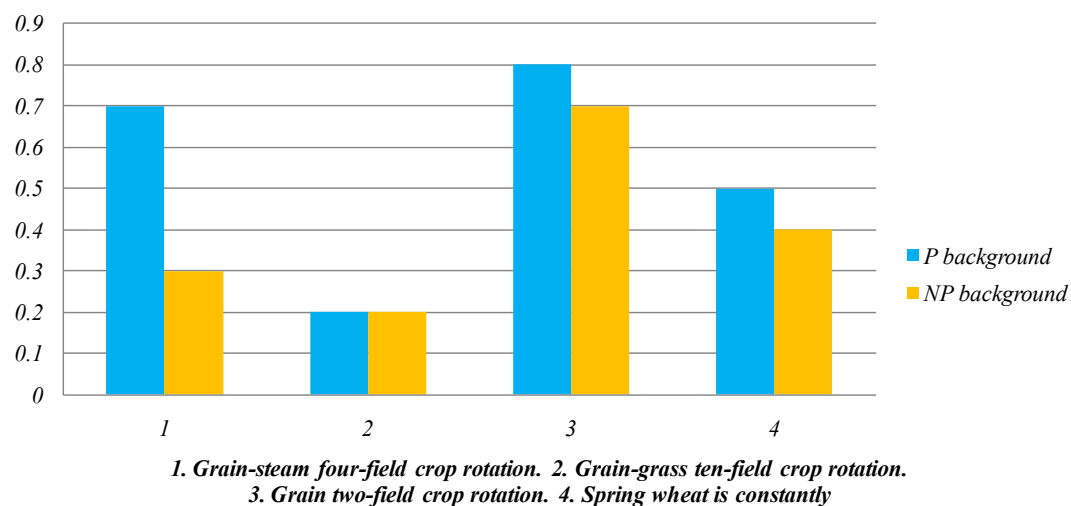


Fig. 2. Correlation coefficients of the total organic carbon of the soil with the sum of positive air temperatures for 1998–2021

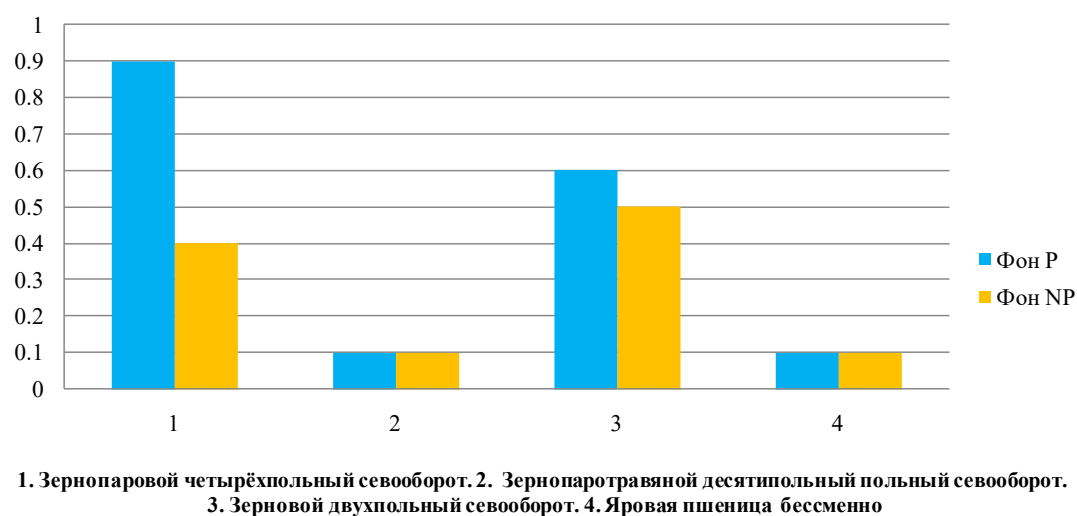
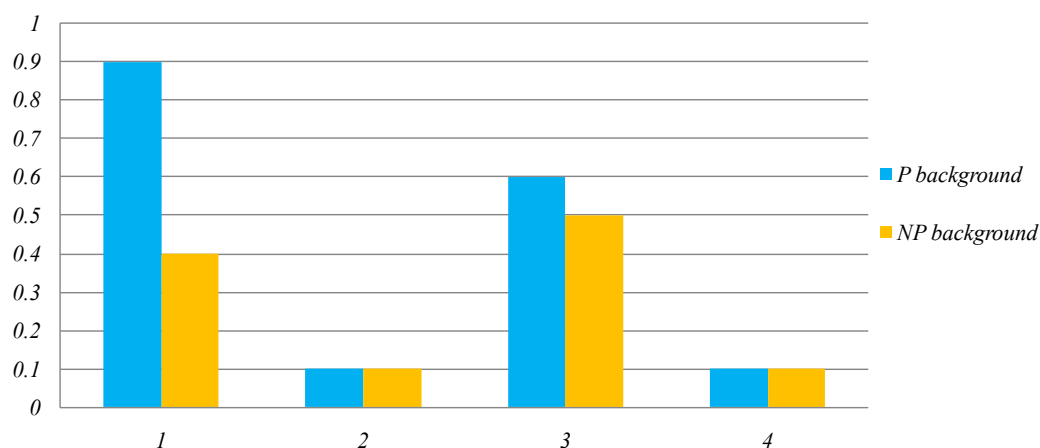


Рис. 3. Коэффициенты корреляции общего органического углерода почвы с годовым количеством осадков за 1998–2021 гг.



1. Grain-steam four-field crop rotation. 2. Grain-grass ten-field crop rotation. 3. Grain two-field crop rotation. 4. Spring wheat is constantly

Fig. 3. Correlation coefficients of total soil organic carbon with annual precipitation for 1998–2021

Доля влияния годового количество осадков на содержание углерода общего отмечена в 1 варианте (фон удобренности Р) и составила 87 %, корреляция сильная. В зернопаротравяном севообороте и при бессменном возделывании яровой пшеницы независимо от фонов удобренности корреляционная зависимость слабая.

Количество и состав гумуса в почвах динамичны вследствие постоянного поступления в них органических остатков и непрерывности процессов их разложения и гумификации.

В результате корреляционного анализа установлена максимальная доля влияния 63 % от продуктивности севооборотов на содержание углерода гуминовых кислот при коэффициенте корреляции $r = 0,8$ (рис. 4). Средняя корреляция отмечена на вариантах 2 и 4 на фоне удобренности NP с долей влияния 21 % и 28 % соответственно.

Анализ корреляционных зависимостей содержания углерода фульвокислот от продуктивности севооборотов за годы исследований показал, что максимальная доля влияния 56 % была в 1 варианте севооборота слабая на варианте 3 на фоне удобренности Р.

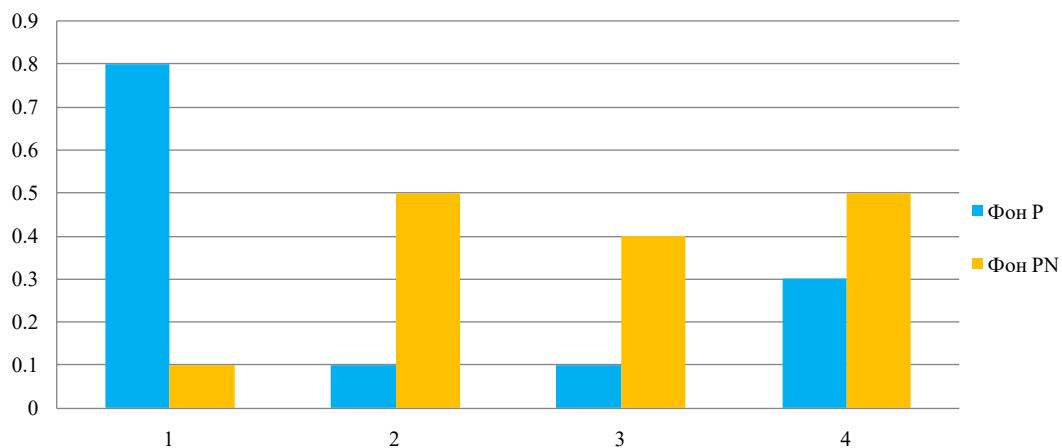
Установлено, что коэффициент вариации углерода гуминовых кислот с 1998 по 2021 гг. составил 5–9 %, изменения незначительны по всем вариантам севооборотов независимо от фона удобренности. Отмечена существенная изменчивость содержания углерода фульвокислот в 1998 г. и 2013 г. на фоне удобренности Р при коэффициенте вариации 21 и 22 %, на фоне удобренности NP в 2013 и 2021 гг. соответственно 24 и 35 %. Это обусловлено переходом на нулевую технологию обработки почвы в отличие от традиционной вспашки, что способствует постоянному пополнению органического вещества.

По результатам наших исследований качественных показателей гумуса было установлено, что слабокислые почвы чернозема выщелоченного при длительном внесении минеральных удобрений в умеренных дозах характеризовалась доминирующим содержанием углерода гуминовых кислот ($C_{гк}$) независимо от варианта севооборота (рис. 6).

При исследовании органического вещества почв в длительных опытах ограничиваться определением только общего углерода почвы нельзя. Качественные показатели гумуса необходимо рассматривать как надежные диагностические ориентиры направленности трансформации органического вещества и разработки приемов управления процессом гумусообразования в пахотных почвах.

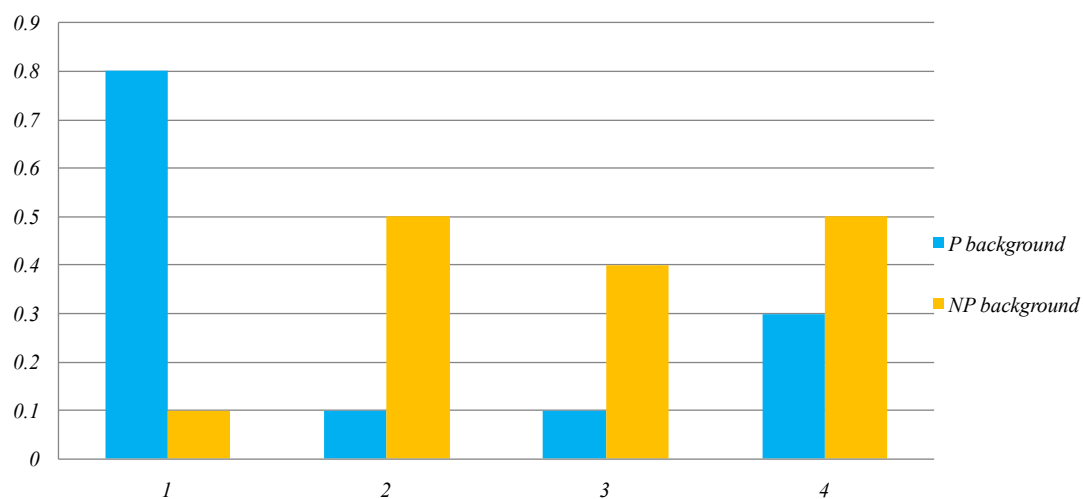
В результате исследований установлено, что среднее отношение содержания углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот на фоне Р в зерновом двухпольном севообороте по сравнению с зернопаровым четырехпольным севооборотом на 25 % шире. Следовательно, происходит усиление процессов гумусообразования в сторону образования неподвижных форм гумуса за счет большего поступления пожнивно-корневых остатков. При бессменном возделывании яровой пшеницы на фоне минерального питания NP отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{гк}/C_{фк}$) в среднем за период исследований было на 20,5 % более широким по сравнению с зернопаровым четырехпольным севооборотом за счет снижения процесса гумификации.

Характер направленности процессов гумусообразования в зависимости от вариантов севооборотов в среднем за период исследований в пределах ошибки определения показателей представлен на рис. 7.



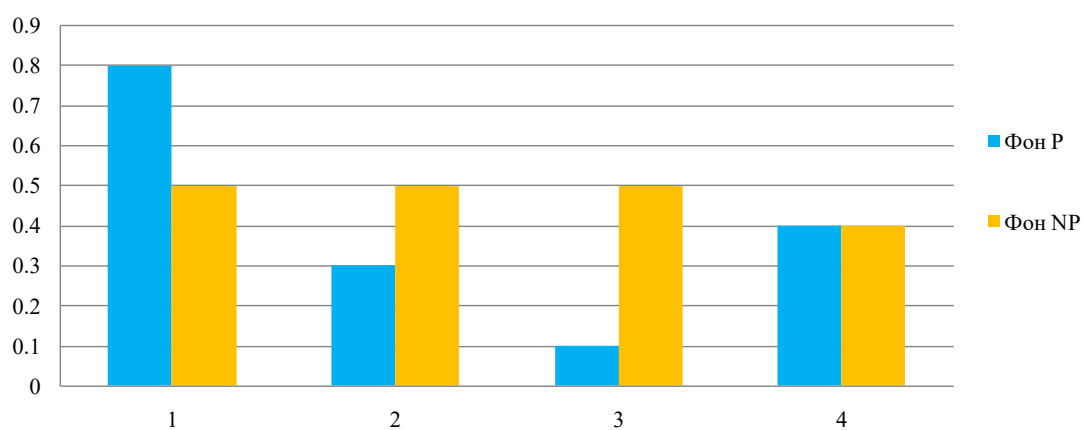
1. Зернопаровой четырёхпольный севооборот. 2. Зернопаротравяной десятипольный севооборот.
3. Зерновой двухпольный севооборот. 4. Яровая пшеница бессменно

Рис. 4. Коэффициенты корреляции углерода гуминовых кислот почвы с продуктивностью севооборотов за 1998–2021 гг.



1. Grain-steam four-field crop rotation. 2. Grain-grass ten-field crop rotation. 3. Grain two-field crop rotation.
4. Spring wheat is constantly

Fig. 4. Correlation coefficients of soil humic acid carbon with the productivity of crop rotations for 1998–2021



1. Зернопаровой четырёхпольный севооборот. 2. Зернопаротравяной десятипольный севооборот.
3. Зерновой двухпольный севооборот. 4. Яровая пшеница бессменно

Рис. 5. Коэффициенты корреляции углерода фульвокислот почвы с продуктивностью севооборотов за 1998–2021 гг.

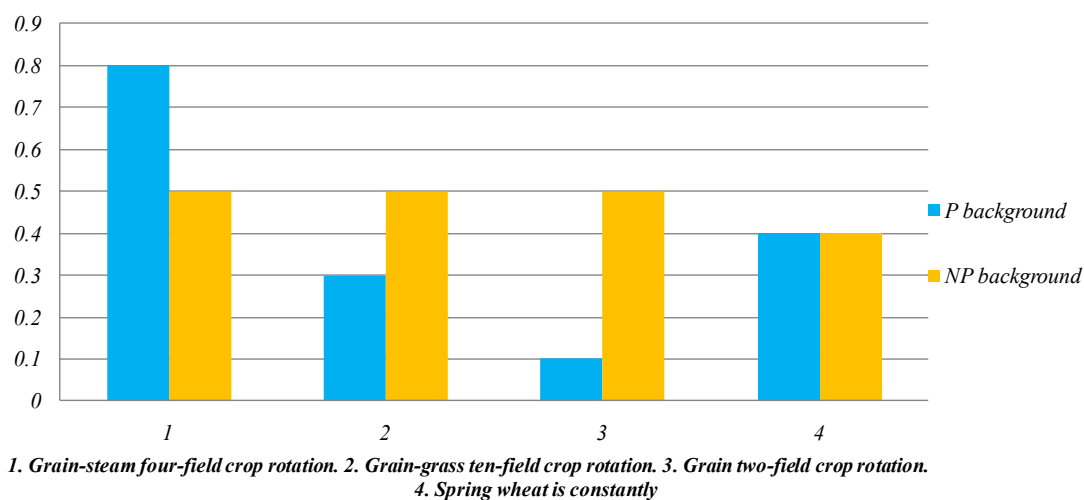


Fig. 5. Correlation coefficients of soil fulvic acid carbon with the productivity of crop rotations for 1998–2021

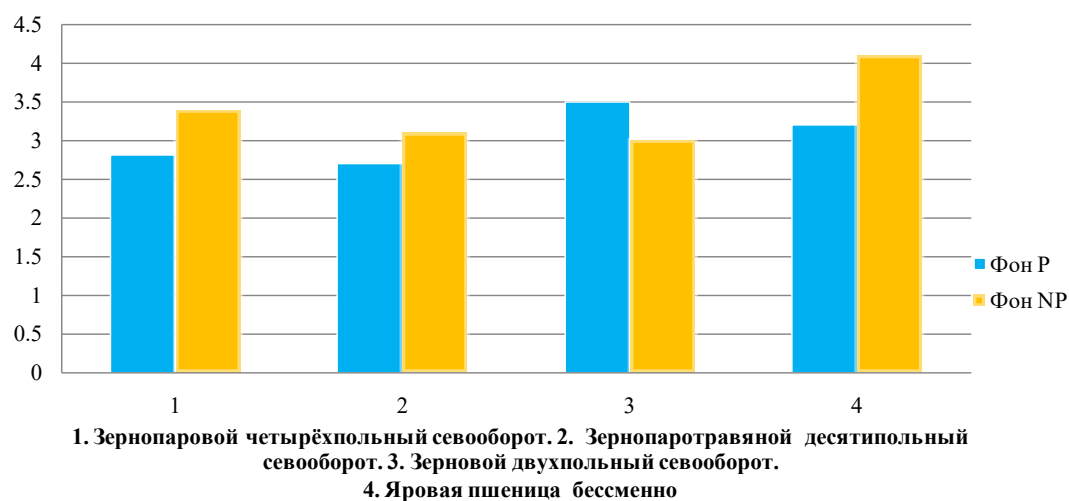


Рис. 6. Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот в составе гумуса чернозема выщелоченного в слое почвы 0–20 см в среднем за 1998–2021 гг.

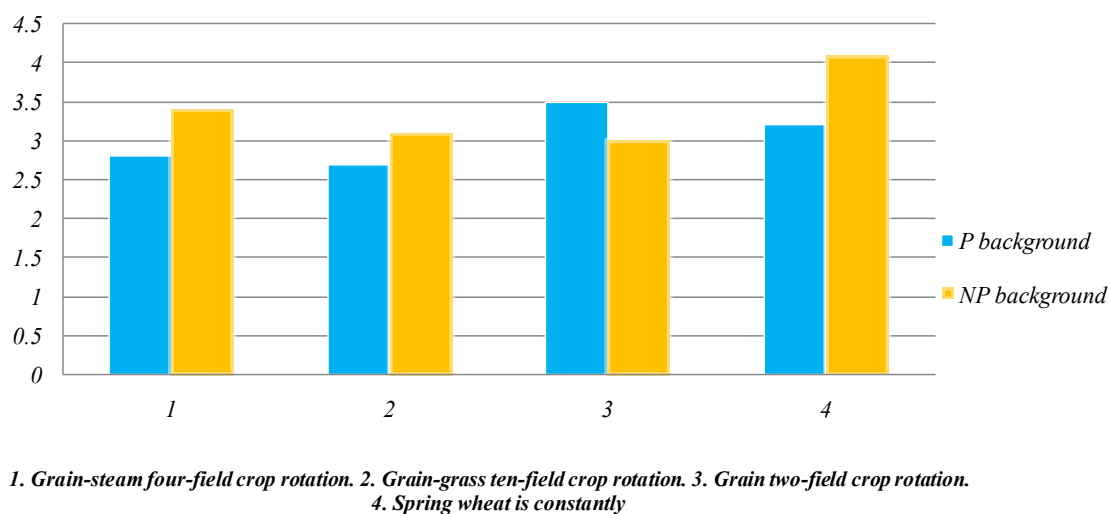


Fig. 6. The ratio of carbon of humic acids to carbon of fulvic acids in the composition of leached chernozem humus, in the soil layer 0–20 cm, in the average for 1998–2021

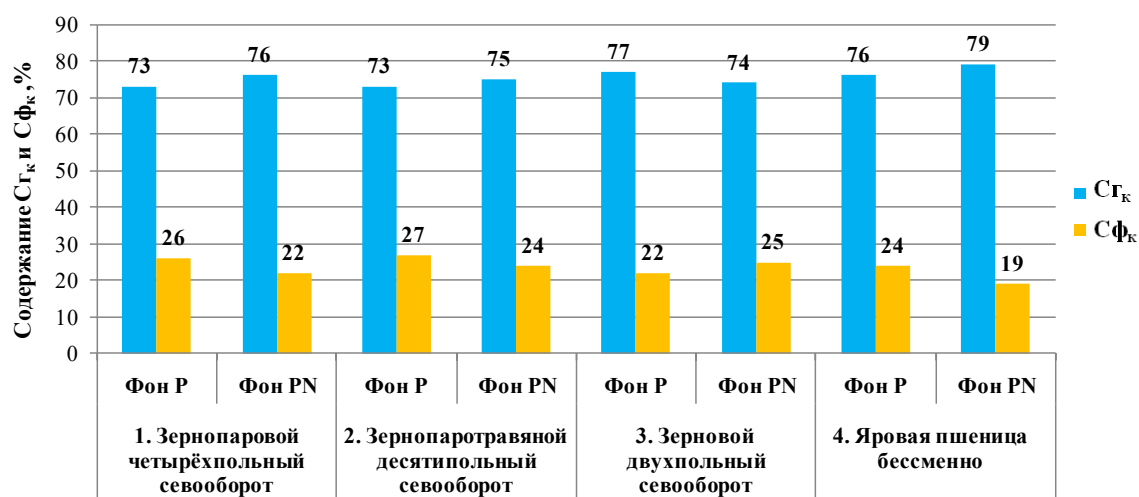


Рис. 7. Групповой состав гумуса в севооборотах на двух фонах минерального питания в среднем за 1998–2021 гг.

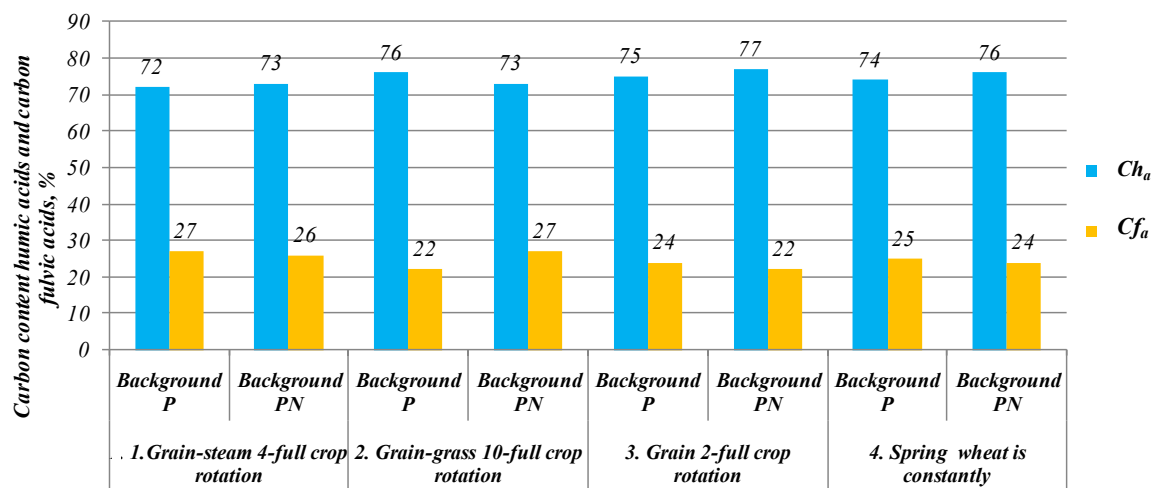


Fig. 7. The group composition of humus in crop rotations on two backgrounds of mineral nutrition on average for 1998–2021

Содержание углерода гуминовых кислот ($C_{гк}$) увеличилось на фоне NP по сравнению с фоном удобрения P, в зернопаровом четырёхпольном севообороте на 3 % и зернопаротравяном десятипольном на 2 %, в зерновом двухпольном, наоборот, наблюдалось уменьшение на 3 %. Наибольшее содержание углерода гуминовых кислот отмечено на варианте с бессменным возделыванием яровой пшеницы.

Наименьшее содержание углерода фульвокислот ($C_{фк}$) отмечено на фоне с минеральными удобрениями в зернопаровом четырёхпольном севообороте на 4 %, в зернопаротравяном десятипольном на 3 %. В зернопаровом двухпольном севообороте содержание углерода фульвокислот, наоборот, при внесении минеральных удобрений увеличилось на 3 %, при бессменной яровой пшенице уменьшилось на 5 %. Это обусловлено, прежде всего, условиями года и степенью активизации накопления органического вещества за счет пожнивно-корневых остатков возделываемых культур.

Сравнительная динамика изменения соотношения углерода гуминовых кислот $C_{гк}$ к углероду фульвокислот $C_{фк}$ по годам исследований представлена на рис. 8.

Характер изменений направленности качественного состава гумуса волнообразный. Степень гумификации органического вещества в пахотном слое почвы изменяется на фоне удобрения P от 1,8 до 4,9, на фоне NP – от 2,1 до 4,9, при нулевой технологии соотношение изменяется от 2,3 до 3,9 без удобрений и от 2,7 до 7,5 с внесением удобрений. Установлено взаимное влияние типа севооборота и фона минерального питания ($HCP_{05} = 1,7$). Максимальное расширение этого соотношения отмечено на удобренном фоне при бессменной культуре яровой пшеницы, а также на удобренном фоне зернового севооборота. Во 2 варианте севооборота динамика изменения степени гумификации более стабильная, размах варьирования составил 1,5, в 1 и 3 варианте 3,0 и наибольший при бессменной культуре – 5,1.

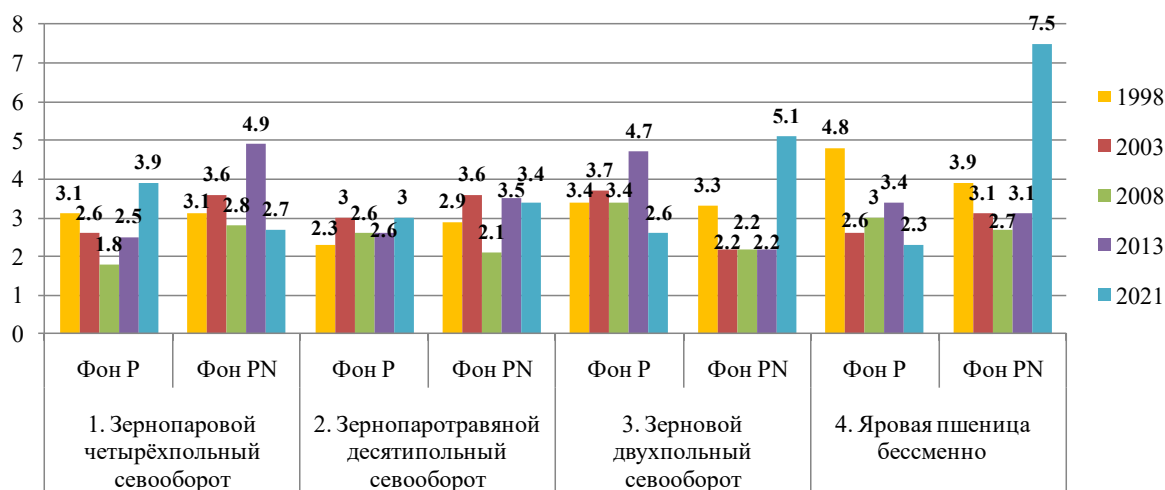


Рис. 8. Динамика направленности качественного состава гумуса C_g/C_{fk} на фоне питания Р и NP в различных вариантах севооборотов

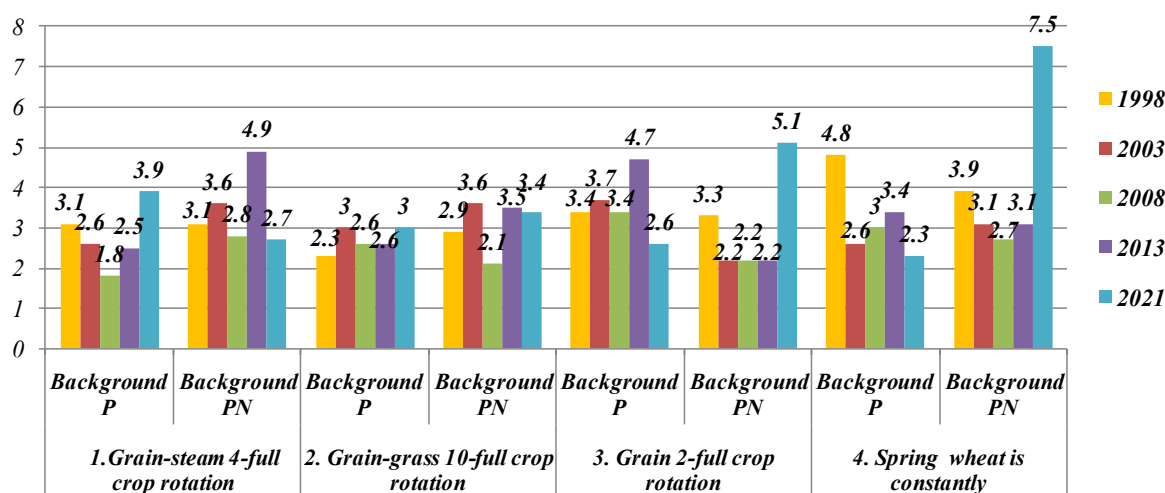


Fig. 8. The dynamics of the orientation of the qualitative composition of C_g/C_{fk} humus against the background of P and NP nutrition in various crop rotations

Динамика изменений направленности группового состава гумуса в зернопаротравяном севообороте была более стабильной в связи с регулированием поступления органического вещества за счет биологического азота многолетних бобовых трав (трехлетнего пользования) и корневых пожнивных растительных остатков других зернобобовых культур независимо от метеоусловий и фона удобрений.

При бессменном возделывании яровой пшеницы отмечено наибольшее расширение соотношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот в засушливый год.

Обсуждение и выводы (Discussions and Conclusion)

Количество поступления пожнивно-корневых остатков обусловлено урожайностью возделываемых культур в севооборотах, которая в большей степени определяется влагообеспеченностью вегетационного периода.

В целом по всем вариантам севооборотов наблюдается определенное постоянство содержания гуминовой кислоты в гумусе, характерное для черноземов.

Скорость минерализации органического вещества чернозема выщелоченного зерновых агроценозов усиливается при увеличении количества растительных остатков.

Переход на нулевую технологию обработки приводит к значительной изменчивости содержания углерода фульвокислот в 1998 и 2013 гг. на фоне удобрения Р при коэффициенте вариации 21–22 %, на фоне удобрения NP в 2013 и 2021 гг. – соответственно 24 и 35 %.

Соотношение C_g/C_{fk} в органическом веществе служит диагностическим показателем состояния гумуса и оценки качественного состояния направленности его трансформации, позволяющим прогнозировать динамику изменений от степени агрогенного воздействия на почву.

Библиографический список

1. Дубровина И. А. Изменение содержания общего углерода, азота и фосфора в почвах таежной зоны Республики Карелия при сельскохозяйственном использовании // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 41. С. 27–41. DOI: 10.17223/19988591/41/2.
2. Скороходов В. Ю. Накопление и использование нитратного азота различными видами пара в период их парования на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 1. С. 204–212.
3. Замятин С. А., Максимова Р. Б. Почвоулучшающая роль пожнивно-корневых остатков в полевых севооборотах // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2020. Т. 6. № 3 (23). С. 287–294. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-3-287-294.
4. Замятин С. А., Ефимова А. Ю., Максуткин С. А. Влияние полевых севооборотов на накопление пожнивно-корневых остатков в пахотном слое дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (6). С. 594–601. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.594-601.
5. Скороходов В. Ю. Влияние погодных факторов вегетации и фона питания на накопление нитратного азота в почве под сельскохозяйственными культурами на черноземах Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 2. С. 176–185.
6. Козлова Л. М., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Совершенствование севооборотов для сохранения плодородия почвы и увеличения их продуктивности в условиях биологической интенсификации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (5). С. 467–477. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.5.467-477.
7. Лукин С. И., Золкина Е. И., Марчук Е. В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота, содержание и качественный состав органического вещества почвы // Плодородие. 2021. № 3 (120). С. 93–98. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.18.
8. Турусов В. И., Дронова Н. В., Балюнова Е. А. Гумусное состояние и ферментативная активность почвы в посевах озимой пшеницы (*triticum aestivum* L.) в зависимости от изучаемых севооборотов // Проблемы агрохимии и экологии. 2021. № 1. С. 3–6. DOI: 10.26178/3209.2021.91.19.001.
9. Рекомендации по агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур Челябинской области / Под ред. Ю. П. Прядун; сост. А. А. Агеев, А. А. Анисимов, Ю. Б. Анисимов, Н. П. Бондаренко, И. А. Захарова, В. Я. Крамаренко, И. Ю. Кушниренко, Л. П. Шаталина, Е. Р. Шрейдер, Х. С. Юмашев. Челябинск: ФГБНУ Челябинский НИИСХ, 2021. 56 с.
10. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. 2018. № 3. С. 3–8.
11. Мамонтов В. Г. Изменение компонентного состава гумуса чернозема обыкновенного под влиянием агрогенеза // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. Т. 63. № 4 (376). С. 83–86.
12. Чеботарев Н. Т., Конкин П. И., Зайнуллин В. Г., Юдин А. А., Микушева Е. Н. Изменение фракционно-группового состава и баланса гумуса под влиянием удобрений на дерново-подзолистой почве Евро-Северо-Востока // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 25–28. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.07.
13. Захарова И. А., Юмашев Х. С. Изменение гумусного состояния черноземных почв Челябинской области в результате сельскохозяйственного использования // Вестник КрасГАУ. 2022. № 2 (179). С. 3–11. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-3-11.
14. Громовик А. И., Горбунова Н. С., Черепухина И. В. Трансформация гумусового состояния черноземов в агроэкосистемах лесостепи ЦЧЗ // Сборник научных трудов Государственного Никитинского ботанического сада. 2019. Т. 148. С. 42–49.
15. Poeplau C., Vos C., Don A. Soil organic carbon stocks are systematically overestimated by misuse of the parameters bulk density and rock fragment content // SOIL. 2017. No. 3. Pp. 61–66. DOI: 10.5194/soil-3-61-2017.
16. Akujärvi A., Heikkinen J., Palosuo T., Liski J. Carbon budget of Finnish croplands – Effects of land use change from natural forest to cropland [e-resource] // Geoderma Regional. 2014. No. 2-3. Pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.geoder.2014.09.003. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S235200941400011X?via%3Dihub> (date of reference: 20.05.2022).
17. Sperow M. Estimating carbon sequestration potential on U.S. agricultural topsoils // Soil & Tillage Research. 2016. No. 155. Pp. 390–400. DOI: 10.1016/j.still.2015.09.006.
18. Duran J., Morse J. L., Rodríguez A., Campbell J. L., Christenson L. M., Driscoll C. T., Fahey T. J., Fisk M. C., Mitchell M. J., Templer P. H., Groffman P. M. Differential sensitivity to climate change of C and N cycling processes across soil horizons in a northern hardwood forest // Soil Biology & Biochemistry. 2017. No. 107. Pp. 77–84. DOI: 10.1016/j.soilbio.2016.12.028.
19. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps [e-resource] // World Soil Resources Reports. FAO, Rome, 2014. No. 106. URL: <https://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf> (date of reference: 20.05.2022).

Об авторах:

Любовь Петровна Шаталина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-8651-5288, AuthorID 618148; lubashatalina@mail.ru

Юрий Борисович Анисимов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-4385-3655, AuthorID 900182; +7 (35168) 7-14-88, chniisx2@mail.ru

Елена Леонидовна Калюжина¹, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-4494-4815, AuthorID 969055; +7 (35168) 7-14-88, chniisx2@mail.ru

¹ Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Тимирязевский, Россия

The qualitative composition of the humus of chernozem leached in crop rotations of the northern forest-steppe of the Southern Urals

L. P. Shatalina¹✉, Yu. B. Anisimov¹, E. L. Kalyuzhina¹

¹Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Timiryazevskiy, Russia

✉ Email: lubashatalina@mail.ru

Abstract. The purpose of the research was to establish the degree of agrogenic impact on the qualitative composition of humus by monitoring the content of total carbon, humic and fulvic acid carbon in the arable soil layer of leached chernozem. A comparative assessment of the dynamics of the group composition of leached chernozem humus in the conditions of the northern forest-steppe of the Chelyabinsk region, in various crop rotations on two fertilization backgrounds P and NP was carried out. **Methods.** The research was carried out in a long-term field experiment from 1998 to 2021. The group composition of humus was determined in soil samples taken from each variant of the experiment every five years by the accelerated pyrophosphate method according to the scheme of I. V. Tyurin modified by V. V. Ponamareva and T. A. Plotnikova. **Results.** According to the results of our studies of the qualitative indicators of humus, it was found that slightly acidic soils of leached chernozem with prolonged application of mineral fertilizers in moderate doses were characterized by a dominant carbon content of humic acids (Ch_a), regardless of crop rotation options. It was found that the average ratio of the carbon content of humic acids to the carbon of fulvic acids against the background of P in the grain two-field crop rotation compared with the grain-pair four-field crop rotation is 25 % wider. With the permanent cultivation of spring wheat against the background of mineral nutrition NP, the ratio of carbon of humic acids to carbon of fulvic acids (Ch_a/Cf_a) was on average 20.5 % wider during the research period, compared with the grain-steam four-field crop rotation, due to a decrease in the humification process. Strong correlations have been established between the total carbon content from the precipitation of the growing season against the background of P in the grain-pair four-field crop rotation and grain two-field. **The scientific novelty** lies in the study of the dynamics of changes in the orientation of the group composition of humus in different crop rotations, at different levels of fertilization and agrotechnologies of cultivation.

Keywords: leached chernozem, humus, fulvic acid carbon, humic acid carbon, mineral fertilizers, crop rotation.

For citation: Shatalina L. P., Anisimov Yu. B., Kalyuzhina E. L. Kachestvennyy sostav gumusa chernozema vyshchelochennogo v sevooborotakh severnoy lesostepi Yuzhnogo Urals [The qualitative composition of the humus of chernozem leached in crop rotations of the northern forest-steppe of the Southern Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 33–46. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-33-46. (In Russian.)

Date of paper submission: 10.06.2022, **date of review:** 27.06.2022, **date of acceptance:** 07.07.2022.

References

1. Dubrovina I. A. Izmeneniye soderzhaniya obshchego ugleroda, azota i fosfora v pochvakh tayezhnoy zony Respubliki Kareliya pri sel'skokhozyaystvennom ispol'zovanii [Changes in the content of total carbon, nitrogen and phosphorus in the soils of the taiga zone of the Republic of Karelia during agricultural use] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2018. No. 41. Pp. 27–41. DOI: 10.17223/19988591/41/2. (In Russian.)
2. Skorokhodov V. Yu. Nakopleniye i ispol'zovaniye nitratnogo azota razlichnymi vidami para v period ikh parovaniya na chernozemakh yuzhnykh Orenburgskogo Predural'ya [Accumulation and use of nitrate nitrogen

by various types of steam during their vaporization on the chernozems of the southern Orenburg Urals] // *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018. Vol. 101. No. 1. Pp. 204–212. (In Russian)

3. Zamyatin S. A., Maksimova R. B. Pochvouluchshayushchaya rol' pozhnivno-kornevykh ostatkov v polevykh sevooborotakh [The soil-improving role of crop-root residues in field crop rotations] // *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*. 2020. Vol. 6. No. 3 (23). Pp. 287–294. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-3-287-294. (In Russian.)

4. Zamyatin S. A., Efimova A. Yu., Maksutkin S. A. Vliyaniye polevykh sevooborotov na nakopleniye pozhnivno-kornevykh ostatkov v pakhotnom sloye dernovo-podzolistoy pochvy [The influence of field crop rotations on the accumulation of crop-root residues in the arable layer of sod-podzolic soil] // *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019. No. 20 (6). Pp. 594–601. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.594-601. (In Russian.)

5. Skorokhodov V. Yu. Vliyaniye pogodnykh faktorov vegetatsii i fona pitaniya na nakopleniye nitratnogo azota v pochve pod sel'skokhozyaystvennymi kul'turami na chernozemakh Orenburgskogo Predural'ya [The influence of weather factors of vegetation and nutrition background on the accumulation of nitrate nitrogen in the soil under agricultural crops in the chernozems of the Orenburg Urals] // *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018. Vol. 101. No. 2. Pp. 176–185. (In Russian.)

6. Kozlova L. M., Noskova E. N., Popov F. A. Sovershenstvovaniye sevooborotov dlya sokhraneniya plodorodiya pochvy i uvelicheniya ikh produktivnosti v usloviyakh biologicheskoy intensifikatsii [Improvement of crop rotations to preserve soil fertility and increase their productivity in conditions of biological intensification] // *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019. No. 20 (5). Pp. 467–477. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.5.467-477. (In Russian.)

7. Lukin S. I., Zolkina E. I., Marchuk E. V. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na produktivnost' sevooborota, sodержaniye i kachestvennyy sostav organicheskogo veshchestva pochvy [The effect of long-term use of fertilizers on crop rotation productivity, content and qualitative composition of soil organic matter] // *Plodorodie*. 2021. No. 3 (120). Pp. 93–98. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.18. (In Russian.)

8. Turusov V. I., Dronova N. V., Balyunova E. A. Gumusnoye sostoyaniye i fermentativnaya aktivnost' pochvy v posevakh ozimoy pshenitsy (*triticum aestivum* L.) v zavisimosti ot izuchayemykh sevooborotov [Humus state and enzymatic activity of the soil in winter wheat crops (*triticum aestivum* L.) depending on the studied crop rotations] // *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2021. No. 1. Pp. 3–6. DOI: 10.26178/3209.2021.91.19.001. (In Russian.)

9. Rekomendatsii po agrotekhnologiyam vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Chelyabinskoy oblasti [Recommendations on agrotechnologies of cultivation of agricultural crops of the Chelyabinsk region] / Under the editorship of Yu. P. Pryadun ; compilers A. A. Ageev, A. A. Anisimov, Yu. B. Anisimov, N. P. Bondarenko, I. A. Zakharova, V. Ya. Kramarenko, I. Yu. Kushnirenko, L. P. Shatalina, E. R. Shreyder, Kh. S. Yumashev. Chelyabinsk: FGBNU Chelyabinskiy NIISKh, 2021. 56 p. (In Russian.)

10. Kiryushin V. I. Zadachi nauchno-innovatsionnogo obespecheniya zemledeliya Rossii [Tasks of scientific and innovative support of agriculture in Russia] // *Zemledelie*. 2018. No. 3. Pp. 3–8. (In Russian.)

11. Mamontov V. G. Izmeneniye komponentnogo sostava gumusa chernozema obyknovennogo pod vliyaniem agrogenyza [Change in the component composition of humus of ordinary chernozem under the influence of agrogenesis] // *International Agricultural Journal*. 2020. Vol. 63. No. 4 (376). Pp. 83–86. (In Russian.)

12. Chebotarev N. T., Konkin P. I., Zaynullin V. G., Yudin A. A., Mikusheva E. N. Izmeneniye fraktsionno-gruppovogo sostava i balansa gumusa pod vliyaniem udobreniy na dernovo-podzolistoy pochve Evro-Severo-Vostoka [Changes in the fractional-group composition and balance of humus under the influence of fertilizers on the sod-podzolic soil of the Euro-North-East] // *Plodorodie*. 2019. No. 6 (111). Pp. 25–28. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.07. (In Russian.)

13. Zakharova I. A., Yumashev Kh. S. Izmeneniye gumusnogo sostoyaniya chernozemnykh pochv Chelyabinskoy oblasti v rezul'tate sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya [Changes in the humus state of chernozem soils of the Chelyabinsk region as a result of agricultural use] // *Vestnik KrasGAU*. 2022. No. 2 (179). Pp. 3–11. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-3-11. (In Russian.)

14. Gromovik A. I., Gorbunova N. S., Cherepukhina I. V. Transformatsiya gumusovogo sostoyaniya chernozemov v agroekosistemakh lesostepi TsChZ [Transformation of the humus state of chernozems in agroecosystems of the forest-steppe of the Central Forest Zone] // *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitinskogo botanicheskogo sada*. 2019. Vol. 148. Pp. 42–49. (In Russian.)

15. Poeplau C., Vos C., Don A. Soil organic carbon stocks are systematically overestimated by misuse of the parameters bulk density and rock fragment content // *SOIL*. 2017. No. 3. Pp. 61–66. DOI: 10.5194/soil-3-61-2017.

16. Akujärvi A., Heikkinen J., Palosuo T., Liski J. Carbon budget of Finnish croplands – Effects of land use change from natural forest to cropland [e-resource] // *Geoderma Regional*. 2014. No. 2-3. Pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.geodrs.2014.09.003. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S235200941400011X?via%3Dihub> (date of reference: 20.05.2022).

17. Sperow M. Estimating carbon sequestration potential on U.S. agricultural topsoils // *Soil & Tillage Research*. 2016. No. 155. Pp. 390–400. DOI: 10.1016/j.still.2015.09.006.
18. Duran J., Morse J. L., Rodríguez A., Campbell J. L., Christenson L. M., Driscoll C. T., Fahey T. J., Fisk M. C., Mitchell M. J., Templer P. H., Groffman P. M. Differential sensitivity to climate change of C and N cycling processes across soil horizons in a northern hardwood forest // *Soil Biology & Biochemistry*. 2017. No. 107. Pp. 77–84. DOI: 10.1016/j.soilbio.2016.12.028.
19. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps [e-resource] // *World Soil Resources Reports*. FAO, Rome, 2014. No. 106. URL: <https://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf> (date of reference: 20.05.2022).

Authors' information:

Lyubov P. Shatalina¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory of agrolandscape agriculture, ORCID 0000-0002-8651-5288, AuthorID 618148; lubashatalina@mail.ru

Yuriy B. Anisimov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory of agrolandscape agriculture, ORCID 0000-0003-4385-3655, AuthorID 900182; +7 (35168) 7-14-88, chniisx2@mail.ru

Elena L. Kalyuzhina¹, researcher at the laboratory of agrolandscape agriculture, ORCID 0000-0003-4494-4815, AuthorID 969055; +7 (35168) 7-14-88, chniisx2@mail.ru

¹Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Timiryazevskiy, Russia

Ранжирование сортов лилейника гибридного коллекции ЦСБС СО РАН и перспективы рационального использования

Л. Л. Седельникова¹✉

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

✉E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Аннотация. Лилейник гибридный (*Hemerocallis hybrida* hort.) – декоративный многолетний короткокорневищный поликарпик семейства красодневовых (*Hemerocallidaceae* R. Br.), род *Hemerocallis* L. Лилейник (красоднев) широко известен как летнецветущая, устойчивая культура, которая еще недостаточно применяется в зеленом строительстве Новосибирской области. Это связано с отсутствием рекомендованного ассортимента из разных садовых групп адаптированного к резко континентальному климату Западной Сибири. **Цель исследования** – оценка сортов лилейника гибридного коллекции Центрального сибирского ботанического сада по комплексу декоративно-хозяйственных признаков для рационального использования в цветоводстве Сибири. **Методы.** В соответствии с методикой В. Н. Былова и др. у интродуцированных сортов оценивали декоративные признаки (высота растений, соцветия, габитус куста, окраска и размер цветка, число цветков в соцветии, аромат) и хозяйственно-биологические свойства (сроки и продолжительность цветения; число вегетативных и генеративных побегов, устойчивость к погодным факторам, болезням и вредителям). **Результаты.** В результате морфобиологического анализа 90 сортов лилейника гибридного выявлены сорта из разных садовых групп, имеющие по декоративным качествам оценку 63–99 баллов (Angel of Light, Christopher Columbus, Pandora's Box, White Cream, Strawberry Candy, Primel Scream, Red of Roses, Lady Hesketh и др.). По хозяйственно-биологическим свойствам сорта оценены в 27–48 баллов. В результате комплексной 150-балльной оценки 52 сорта определены как очень перспективные (более 120 баллов), 30 сортов перспективные (106–120 баллов), 8 – малоперспективные (менее 105 баллов): это Lemons Bells, Goi, Revolute, Awaited House, Highland Lord, Close Childhood, Apricot, Solid Scarlet. **Научная новизна.** Впервые проведено ранжирование 90 сортов лилейника гибридного интродуцированных сортов в условиях лесостепной зоны и рекомендован сортимент для разных типов посадок (моно- и смешанные группы, миксбордеры, рабатки, бордюры, солитеры, контейнеры).

Ключевые слова: лилейник, сорта, биологические особенности, декоративно-хозяйственные признаки, рациональное использование, лесостепная зона, Западная Сибирь.

Для цитирования: Седельникова Л. Л. Ранжирование сортов лилейника гибридного коллекции ЦСБС СО РАН и перспективы рационального использования // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 47–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-47-58.

Дата поступления статьи: 10.06.2022, **дата рецензирования:** 27.06.2022, **дата принятия:** 04.07.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Сохранение сортового разнообразия цветочно-декоративных растений занимает одно из ведущих мест в развитии народного хозяйства и остается актуальным. Это связано не только с изменениями климатических факторов, но и сильной антропогенной нагрузкой на окружающую среду. Исследование закономерностей изменчивости растений при переносе их в условия, отличающиеся от естественного произрастания, представляет собой современный научный процесс, который при удачном интродукционном эксперименте имеет практическую

значимость. К перспективным цветочно-декоративным культурам открытого грунта принадлежат представители рода *Hemerocallis* L.: красоднев (лилейник) – многолетнее короткокорневищное летне-осенне-цветущее декоративное растение, имеющее пищевое, парфюмерное применение и известное в народной медицине. Среди лилейников большой популярностью в теплых регионах России пользуются сорта гибридного происхождения (*Hemerocallis hybrida* hort.) [1–7], включающие около 85 000 культиваров [8; 9]. Применение лилейников в декоративном садоводстве достаточно широкое как

в озеленении открытого, так и в интерьерах защищенного грунта. По последним сведениям [10; 11] лилейники проявляют себя в качестве биоиндикаторов экологического состояния городской среды. Вегетативные органы лилейников также богаты содержанием микро- и макроэлементов, фитохимическими соединениями известными в работах [12–16]. Однако в лесостепной зоне Западной Сибири климат отличается резкой континентальностью, суровым, снежным зимним периодом и резкими перепадами среднесуточных температур в весенне-летне-осенние периоды, оказывая влияние на особенности индивидуального развития лилейника гибридного. Это способствует расширению научно-практических подходов всестороннего морфобиологического анализа для выявления и отбора устойчивых адаптированных сортов для региона Сибири [17–19].

Цель исследования – оценка сортов лилейника коллекции Центрального сибирского ботанического сада по комплексу декоративно-хозяйственных признаков для рационального использования в декоративном цветоводстве Сибири.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на коллекционном участке лаборатории интродукции декоративных растений Центрального сибирского ботанического сада Сибирского отделения Российской академии наук (ЦСБС СО РАН) в 2000–2021 гг. Объектами изучения стали 90 сортов, из них 5 сортов отечественной, остальные – зарубежной селекции. Феноритм развития, морфометрические параметры (высота растений и соцветия, размер цветка, их число в соцветии), комплексная сортооценка по декоративным (100 баллов) и хозяйственно-биологическим качествам (50 баллов) определены с некоторой модификацией согласно [20]. Статистическая обработка данных сделана с помощью программы Statistica 6.0.

Результаты (Results)

Ритм развития лилейников связан с погодноклиматическими условиями в регионе их культивирования. Начало отрастания лилейников происходит при переходе среднесуточных температур $> 5^{\circ}\text{C}$, что соответствует началу третьей декады апреля. Отрастание вегетативной массы листьев довольно длительное и составляет в зависимости от сорта от 48 до 67 суток. Начало выхода соцветия приходится со второй декады июня по вторую декаду июля. Полное разворачивание соцветия наступало через 5–7 суток после начала формирования генеративного побега. Окрашивание первого бутона в соцветии наблюдали на 4–17 сутки, цветение первого цветка от этой фазы развития отмечено на 5–9 сутки.

Большое разнообразие лилейников позволило впервые классифицировать их по декоративным свойствам. При анализе сортового разнообразия

нами установлено, что в коллекции преобладают сорта **среднего** срока цветения (64), которые зацветают на 81–89 сутки от начала отрастания (15.04–20.04) (Александр Красовский, Бархатная Ночь, Нежная Мелодия, Фея Сирени, Abstract Art, Angel of Light, Arctic Snow, Awaited Horse, Bambery Crismas, Batwing Fatgum, Blushing Belle, Border Lord, Buffy's Doll, Buzz Bomb, Calgary Stampede, Cherry Eyes Pumphine, Christmas Carol, Christopher Columbus, Daring Deception, Doctor Regal, Edna Spadming, Emerald Joy, Inherited Wealth, Jan's Twister, Jental Rose, Fashion Garty, Fashion Queen, Fashion Lady, Full Rewild, Highland Lord, Insulina, George Cunningham, Goie, Green Wood Holl, Queen of May, King of Hearts, Kwanso, Luxury Lace, Madam Holiday Bag, Margaret Perry, Melody Lane, Nashville, Nob Hill, Pandora's Box, Primal Scream, Prepping with Gold, Red Fortane, Red of Roses, Red Sea, Revolut, Royal Sovereign, Sea Gould, Seloam Baby Talk, Solid Scarlet, Solo Price, Something, Strawberry Candy, Swallow Tailed Kite, Sweem Memory, Tan Twild, Yankee Clipper, Yellow Big, Wedding Band, Wine and Roses). На втором месте – **раннецветущие** сорта (17) со сроками начала цветения на 71–80 сутки (Beloved Country, Cara Mia, Chinence Chariot, Double Fireorgerez, Double River Wye, Lady Hesketh, Little Man, Nite Grande, Persian Princess, President Marcus, Regal Air, Siloam Double Classic, Trahlyta, Winnie the Pooh, Viscountess Byng, Wally Nance, Wild Horses). Четыре сорта **очень раннего** цветения (меньше 71 дня, 2–3 декады июня): Wine and Cup, Cary Queen, Close Love, Рыжик. Пять сортов (Stafford, Speak to Me, Lemon Balls, Deep Garnet, Tiny Toy) – **позднего** срока цветения (1–2 декады августа) (рис. 1а). Важным признаком при формировании различных цветочных композиций служит габитус куста, который у 25 сортов лилейника определен как раскидистый (стелющийся), у 40 сортов как промежуточный (частично-прямостоячий) и у 25 сортов компактный (прямостоячий) (рис. 1б). При стелющейся (раскидистой) форме (27,8 %) и частично-прямостоячей (44,4 %) генеративный побег часто полегает во время сильных ветров и ливневых дождей, которые наблюдаются в середине вегетационного периода в Сибири.

Сорта в условиях лесостепной зоны Западной Сибири отличаются по высоте и расположению генеративного побега относительно листьев. Ранжирование сортов по этим признакам показало, что в коллекции отсутствуют карликовые сорта высотой менее 30 см. Большинство сортов высокорослых более 100 см (41), среди них – Awaited Horse, Bambery Crismas, Cary Queen, George Cunningham, Green wood Holl, Melody Lane, Nob Hill, Persian Princess, Regal Air, Revolut, Speak to Me, Stafford и др., среднерослых 29 сортов высотой 80–100 см (Winnie the Pooh, Christopher Columbus, Fashion Queen, Fanny Lady, President Marcus, Emerald Joy, Lady Hesketh, Full

Rewild, Sea Gould) и 20 сортов низкорослых менее 80 см (Closen Love, Goie, Buffy s Doll, Red Fortane, Fashion Lady, Buzz Bomb и др.) В озеленении при формировании цветников имеет значение расположение генеративного побега относительно листьев, которое определяет состояние габитуса куста

в целом. Все сорта распределены в четыре группы по расположению соцветия относительно листьев (ниже) – 11 сортов, на уровне листьев – 23 сорта, немного выше листьев – 32 сорта и соцветие высоко поднимается над листьями – 24 сорта (рис. 2а, б).

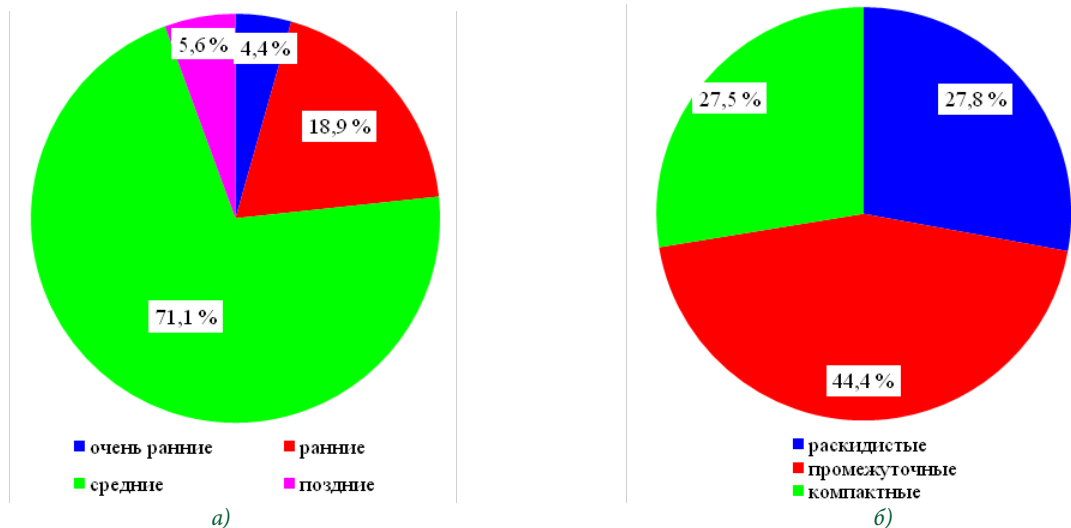


Рис. 1. Группы сортов лилейника гибридного по срокам цветения (а) и форме куста (б)

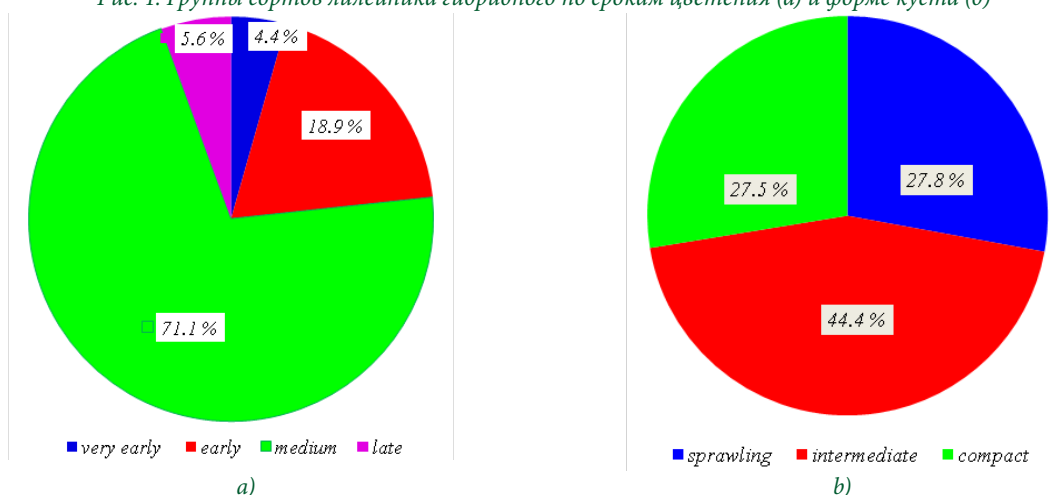


Fig. 1. Groups of hybrida lily of the valley cultivars according to flowering time (a) and bush form (b)

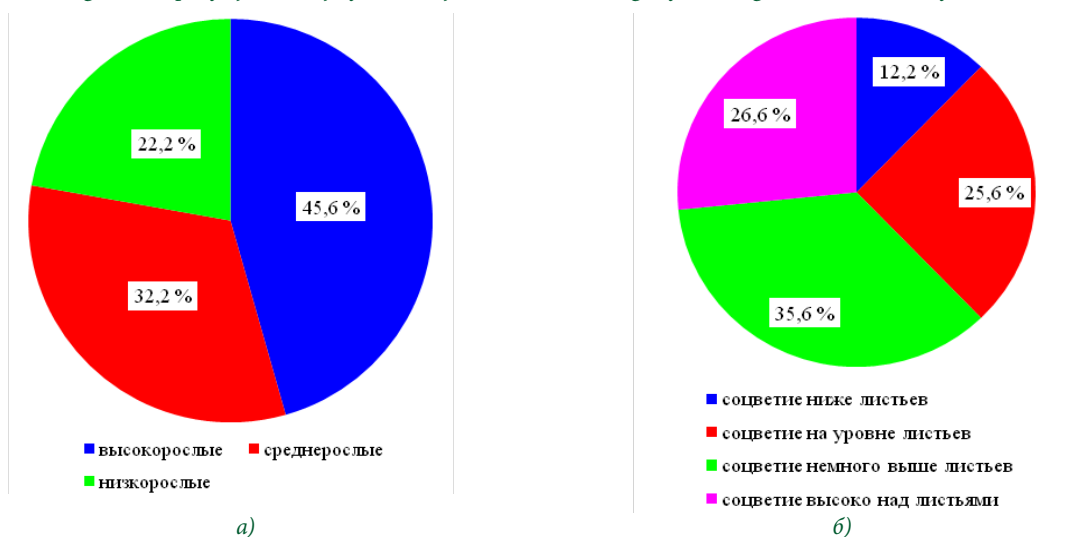


Рис. 2. Группы сортов лилейника гибридного по высоте растений (а) и высоте генеративного побега (б)

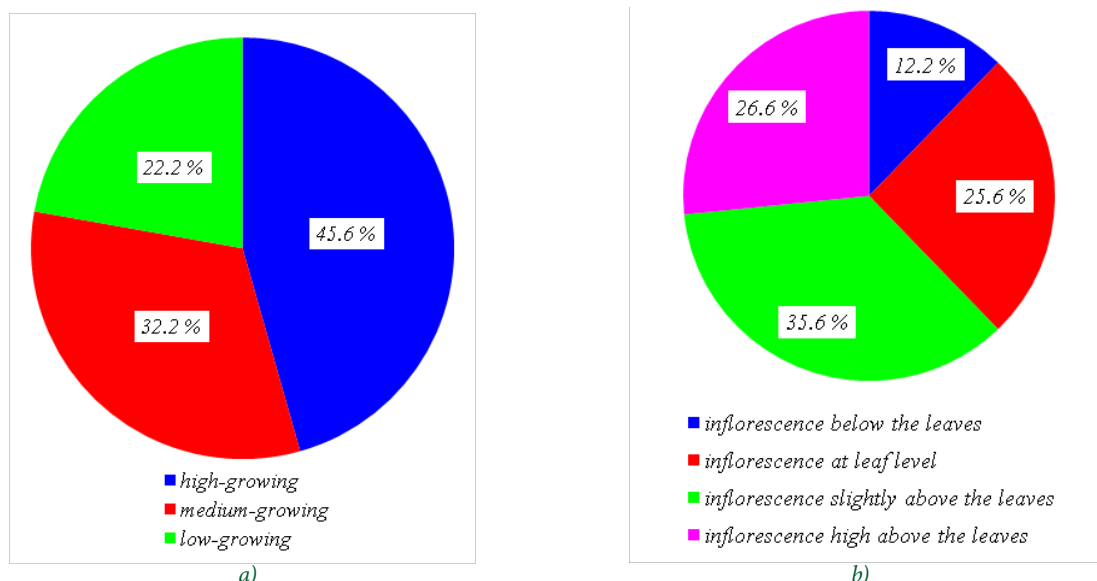


Fig. 2. Groups of hybrida lily of the valley cultivars by plant height (a) and generative shoot height (b)



Рис. 3. Группы сортов лилейника гибридного по окраске (a) и общей тональности (б) цветка

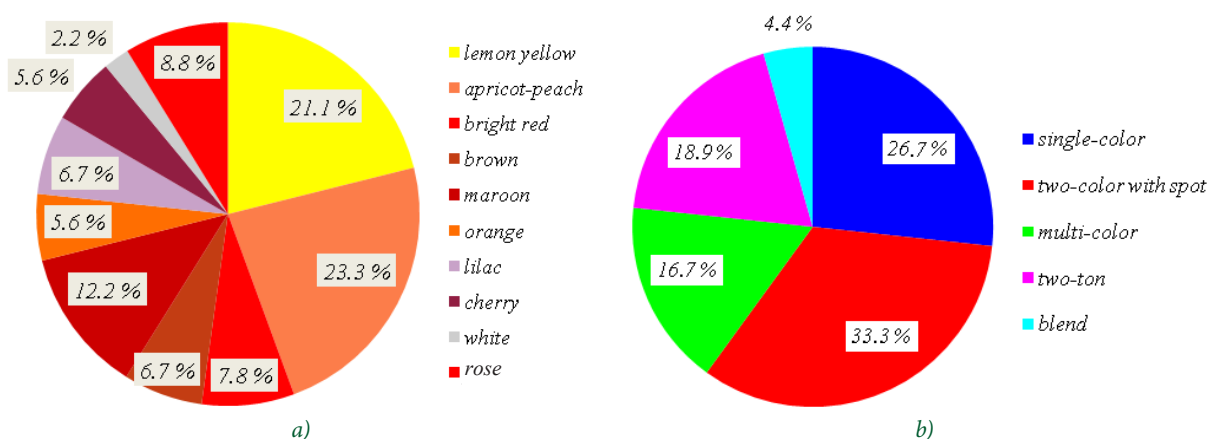


Fig. 3. Groups of hybrida lily of the valley cultivars by coloration (a) and general tonality (b) of flowers

Окраска цветка значительно влияет на декоративность сорта. Разнообразие окраски как старых диплоидных сортов ($2n = 22$), так и современных тетраплоидных сортов ($4n = 44$) вызывает общую тенденцию, определяющую широкую потенциальную генотипическую возможность этой культуры. Нами выделены десять основных окрасок и показано, что в коллекции преобладают абрикосово-персиковые

сорта (21), лимонно-желтые (19), темно-бордовые (11), остальных семь тонов приходится на 39 сортов (рис. 3a). У лилейников различают общую тональность цветка по таким признакам как одноцветные, в коллекции 24 сорта, двухцветные (30), многоцветные (15), двухтонные (17) и бленд (4), у которого лепестки окрашены в два оттенка плавно переходящие один в другой (рис. 3б).



Рис. 4. Группы сортов лилейника гибридного по размеру цветка

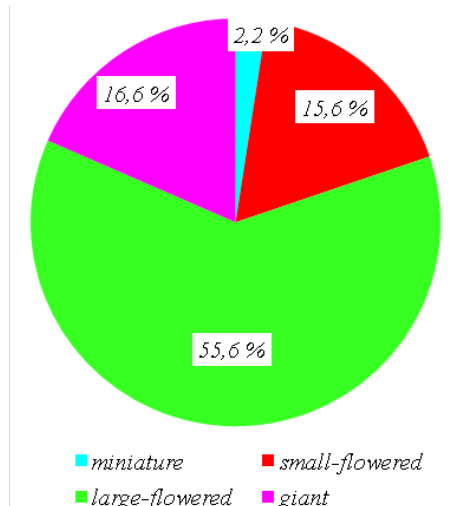


Fig. 4. Groups of hybrida lily of the valley cultivars according to flower size

Сорта лилейников отличаются по размеру цветка, среди которых в коллекции два сорта миниатюрные – Close Love, Little Man (менее 7 см), 14 сортов мелкоцветковые – Close Chaild, Goie, Wine and Cup, Winnie the Pooh и др. (7.0–9.9 см), 50 сортов крупноцветковые (10–15 см) и 24 сорта гигантские – Emerald Joy, Jan's Twister, Royal Sovereign, Swallow Tailed Kite и др. (более 15 см) (рис. 4). По окраске листа различают сорта с бледно-зеленой (16) окраской, зеленой (53), малахитово-зеленой (21). Сорта с белыми полосками на поверхности листа не наблюдали. У сортов листья загнуты в верхней части либо направлены вверх, однако у большинства сортов листья поникающие, отгибаются в середине книзу. В наших условиях лилейники уходили в зимний покой у большинства сортов как зимнезеленые.

Существенным показателем для сорта служит число цветков в соцветии, от которого зависит продолжительность цветения сорта, что в условиях лесостепной зоны Западной Сибири составляет 45–60 и более суток. Обильность цветения усиливает декоративность сорта, и у отдельных сортов отмечено одновременно цветение в одном соцветии 2–4 цветков вместо цветения одного, в 2–3 соцветиях у одного растения (Нежная Мелодия, Фея Сирени, Angel of Light, Arctic Snow, Border Lord, Buzz Bomb, Calgary Stampede, Chinence Chariot, Inherited Wealth, Margaret Perry, Pandora's Box, Tiny Toy, Yankee Clipper, Wally Nance, Wild Horses, Wine and Cup и др.). У особей трехлетнего возраста формируется от $16 \pm 1,25$ до $49 \pm 0,38$ шт. генеративных побегов и число вегетативных побегов составляет 5–10 шт. У некоторых сортов число цветков в соцветии незначительно (6–10 шт.) и за вегетационный период у одних (Winnie the Pooh, Buffys Doll, Border Lord, Swallow Tailed Kite, Cary Queen) формируется небольшое число генеративных побегов (5–10 шт.), у других в 3–5 раз больше (Wine and Cup, Close

Love). Отмечено, что при большом числе цветков в соцветии (15–48 шт.) у таких сортов, как Бархатная Ночь, Нежная Мелодия, Angel of Light, Christopher Columbus, Lady Hesketh, Pandora's Box, Strawberry Candy White Dragon, Primal Scream, Red of Roses, формируется всего 3–7 генеративных побегов. У более продуктивных сортов (Bamberry Crismas, Buffys Doll, Regal Air, Siloam Double Classic, Solid Scarlet, Stafford) в соцветии от $15 \pm 0,81$ до $26 \pm 1,32$ шт. и более цветков и сформировано 15–19 шт. генеративных побегов у одной особи. Отмечено проявление морфозов, т. е. увеличение числа долей околоцветника от 6 до 12–15 шт. у сортов: Abstract Art, Daring Deception, Insulina, Tiny Toy, Regal Air, Christopher Columbus, Luxury Lace, Nob Hill, Wine and Cup, Winnie the Pooh, что способствует к использованию для получения махровых гибридов.

Комплексная оценка сортов по декоративным и хозяйственно-биологическим признакам является основным достоинством сорта [20]. За основу оценки декоративности сорта взяты 100-балльная шкала и 50-балльная шкала с некоторой модификацией. Оригинальность сорта оценивали за такие особенности, как число одновременно открытых цветков в соцветии более одного, махровость, тип цветения, контрастность окраски каймы и пятна, степень гофрированности долей околоцветника. Каждый признак оценивали в пределах 5 баллов с коэффициентами, где за основу взяты окраска, размер, форма, аромат цветка, качество долей околоцветника и соцветия, габитус, период цветения, оригинальность, общее состояние растений. Оценка сортов по декоративным признакам по 100-балльной шкале показала, что интродуцированные сорта имели от 63 до 99 баллов, некоторые из них представлены в таблице 1. Причем у тетраплоидных сортов балльная оценка была в пределах от 83 до 99 баллов, у диплоидных от 63 до 97 баллов.

Таблица 1

Оценка сортов лилейника коллекции ЦСБС по декоративным признакам

Сорт	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>
Балл	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	100
Переводной коэффициент	4	3	2	1	2	2	2	1	2	1	
Диплоидные сорта (2n = 22)											
Blushing Belle	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	92
Buffys Doll	5	2	4	5	5	4	4	3	5	4	82
Bambury Crismas	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	88
Buzz Bomb	5	4	4	3	5	5	4	4	5	5	90
Christopher Columbus	5	4	4	5	4	5	5	4	4	5	91
George Cunningham	5	5	4	5	4	5	5	4	4	4	89
Jan's Twister	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	97
Lemon Balls	3	2	3	4	3	5	4	2	3	3	63
Luxury Lace	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	88
Persian Princess	5	4	4	5	3	5	4	4	4	4	85
Regal Air	5	5	5	5	4	4	5	4	4	5	93
Тетраплоидные сорта (2n = 44)											
Artic Snow	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	94
Border Lord	5	4	5	5	5	4	4	3	5	4	90
Cherry Eyes Pumpline	5	5	5	3	5	5	4	4	5	5	99
Calgary Stampede	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	96
Highland Lord	4	4	4	4	5	5	4	3	4	4	83
Pandora's Box	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	94
Primal Scream	5	5	5	3	5	4	5	3	5	5	94
Prepping with Gold	4	4	4	4	5	5	5	3	5	5	88
Strawberry Candy	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	95
Wild Horses	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	97

Примечание. *a* – окраска цветка, *b* – размер цветка, *c* – форма цветка, *d* – аромат, *e* – качество лепестков, *f* – качество цветоноса, *h* – габитус, *k* – период цветения, *l* – оригинальность, *m* – общее состояние, *n* – сумма баллов.

Table 1

Evaluation of the varieties of daylilies of the CSBS collection by decorative features

Variety	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>
Mark	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	100
Conversion factor	4	3	2	1	2	2	2	1	2	1	
Diploid varieties (2n = 22)											
Blushing Belle	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	92
Buffys Doll	5	2	4	5	5	4	4	3	5	4	82
Bambury Crismas	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	88
Buzz Bomb	5	4	4	3	5	5	4	4	5	5	90
Christopher Columbus	5	4	4	5	4	5	5	4	4	5	91
George Cunningham	5	5	4	5	4	5	5	4	4	4	89
Jan's Twister	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	97
Lemon Balls	3	2	3	4	3	5	4	2	3	3	63
Luxury Lace	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	88
Persian Princess	5	4	4	5	3	5	4	4	4	4	85
Regal Air	5	5	5	5	4	4	5	4	4	5	93
Tetraploid varieties (2n = 44)											
Artic Snow	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	94
Border Lord	5	4	5	5	5	4	4	3	5	4	90
Cherry Eyes Pumpline	5	5	5	3	5	5	4	4	5	5	99
Calgary Stampede	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	96
Highland Lord	4	4	4	4	5	5	4	3	4	4	83
Pandora's Box	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	94
Primal Scream	5	5	5	3	5	4	5	3	5	5	94
Prepping with Gold	4	4	4	4	5	5	5	3	5	5	88
Strawberry Candy	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	95
Wild Horses	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	97

Note. *a* – flower color, *b* – flower size, *c* – flower shape, *d* – aroma, *e* – petal quality, *f* – flower stalk quality, *h* – habit, *k* – flowering period, *l* – originality, *m* – general condition, *n* – sum points

Таблица 2

Оценка сортов лилейника коллекции ЦСБС по хозяйственно-биологическим свойствам

Сорт	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>h</i>
Балл	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	50
Переводной коэффициент	2	2	2	2	1	1	
Диплоидные сорта ($2n = 22$)							
Blushing Belle	5	4	1	4	3	4	35
Buffys Doll	4	5	5	4	4	5	45
Bambery Crismas	5	5	2	2	4	5	45
Buzz Bomb	4	3	1	2	4	5	29
Christopher Columbus	4	3	1	3	5	5	32
George Cunningham	5	4	2	3	4	5	35
Jan's Twister	5	5	1	2	5	5	36
Lemon Balls	4	5	2	4	5	5	40
Luxury Lace	5	5	3	3	4	5	41
Persian Princess	4	5	2	3	5	5	38
Regal Air	5	4	3	5	4	5	48
Тетраплоидные сорта ($2n = 44$)							
Artic Snow	4	2	1	2	5	5	38
Border Lord	4	4	1	2	4	5	31
Cherry Eyes Pumphine	5	3	1	2	4	5	31
Calgary Stampede	5	5	1	2	4	5	35
Highland Lord	4	3	1	2	3	4	27
Pandora's Box	5	5	2	3	5	5	40
Primal Scream	4	5	1	2	3	5	32
Prepping with Gold	5	5	1	3	4	5	37
Strawberry Candy	4	5	1	2	4	5	33
Wild Horses	5	5	1	3	5	5	38

Примечание. *a* – продолжительность цветения, *b* – число цветков в соцветии, *c* – число генеративных побегов в кусте, *d* – способность к вегетативному размножению, *e* – устойчивость к неблагоприятным факторам, *f* – устойчивость к болезням и вредителям, *h* – сумма баллов.

Table 2

Evaluation of daylily varieties of the CSBS collection by economic and biological properties

Variety	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>h</i>
Mark	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	50
Conversion factor	2	2	2	2	1	1	
Diploid varieties ($2n = 22$)							
Blushing Belle	5	4	1	4	3	4	35
Buffy's Doll	4	5	5	4	4	5	45
Bambery Crismas	5	5	2	2	4	5	45
Buzz Bomb	4	3	1	2	4	5	29
Christopher Columbus	4	3	1	3	5	5	32
George Cunningham	5	4	2	3	4	5	35
Jan's Twister	5	5	1	2	5	5	36
Lemon Balls	4	5	2	4	5	5	40
Luxury Lace	5	5	3	3	4	5	41
Persian Princess	4	5	2	3	5	5	38
Regal Air	5	4	3	5	4	5	48
Tetraploid varieties ($2n = 44$)							
Artic Snow	4	2	1	2	5	5	38
Border Lord	4	4	1	2	4	5	31
Cherry Eyes Pumphine	5	3	1	2	4	5	31
Calgary Stampede	5	5	1	2	4	5	35
Highland Lord	4	3	1	2	3	4	27
Pandora's Box	5	5	2	3	5	5	40
Primal Scream	4	5	1	2	3	5	32
Prepping with Gold	5	5	1	3	4	5	37
Strawberry Candy	4	5	1	2	4	5	33
Wild Horses	5	5	1	3	5	5	38

Note. *a* – the duration of flowering, *b* – the number of flowers in the inflorescence, *c* – the number of generative shoots in the bush, *d* – the ability for vegetative reproduction, *e* – resistance to adverse factors, *f* – resistance to diseases and pests, *h* – is the sum of points.

Хозяйственно-биологические свойства (50-балльная оценка) служат надежным показателем того насколько сорт продуктивен, вегетативно возобновляем и устойчив в условиях возделывания. Рассматривали такие параметры, как продолжительность цветения, число цветков в соцветии, общее число генеративных побегов, способность к вегетативному размножению, устойчивость цветков к неблагоприятным метеороусловиям и болезням и вредителям. Однородность особей, которая характеризуется сроками, продолжительностью и обильностью цветения, является важной особенностью сорта. Сорта, представленные в таблице 2, отличались показателями по этим свойствам, и их оценка составляла от 27 до 48 баллов. Отмечено, что современные тетраплоидные сорта формируют менее пяти генеративных побегов за вегетационный период, с оценкой этого показателя в один балл, но с большим числом цветков в соцветии (более 20 шт.) с оценкой в 5 баллов.

Устойчивость к погодным условиям, болезням и вредителям по 5-балльной оценке отмечены также у сортов: Queen of May, Regal Air, Yankee Clipper, George Cunningham, Christopher Columbus, Bambergy Crismas, Stafford, Lady Hesketh, Wine and Cup, Sea Gould, Fashion Queen, Christmas Carol, Luxury Lace, Red of Roses, Buzz Bomb.

По комплексной сортооценке лилейники (см. таблицы 1–2) имели от 110 до 141 балла. Сорта с оценкой 105 и менее баллов, определены как мало-перспективные, перспективные (106–120 баллов), очень перспективные (более 120 баллов). Из 90 изученных нами сортов по 150-балльной шкале 52 сорта – очень перспективные, 30 сортов – перспективные, 8 сортов – малоперспективные. В целом возделываемые сорта отличаются высокой приживаемостью и выживаемостью при пересадках данной культуры в течение всего вегетационного периода, устойчивы к погодным факторам, болезням и вредителям. В зиму требуют подрезки надземной части. Все сорта зимостойкие, при многолетнем культивировании их вымерзания не отмечено.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Морфобиологический анализ 90 сортов лилейника гибридного коллекции ЦСБС СО РАН позволил ранжировать их по декоративным и хозяйственно-биологическим признакам, оценить по комплексным свойствам и рекомендовать 82 сорта для всестороннего использования в групповых и монопосадках, в миксебордерах, бордюрах, рабатках, солитерах, из них низкорослые сорта Closen Love, Buffy s Doll, Red Fortane, Fashion Lady, Buzz Bomb; среднерослые – Artic Snow, Border Lord, In-

herited Wealth, Chinence Chariot, Christopher Columbus, Daring Deception, Siloam Double Classic, Double Fireorgerez, Emerald Yoy, Wally Nance, Jental Rose, Pandora's Box, Strawberry Candy, Calgary Stampede, Trahlyta, Wedding Band; высокорослые – Бархатная Ночь, Нежная Мелодия, Фея Сирени, Angel of Light, Cherry Eyes Pumphine, Green wood Holl, Jan's Twister, Melody Lane, Nob Hill, Prepping with Gold, Primal Scream, Regal Air, Sea Gould, Persian Princess, Swallow Tailed Kite и др.)

В условиях защищенного грунта в оранжереях и контейнерах перспективно выращивать сорта с полувечнозеленым и вечнозеленым типом нарастания листы (Border Lord, Daring Deception, Nite Grande, Swallow Tailed Kite, Prepping with Gold). Период относительного покоя у них составляет 2–2,5 месяца, они цветут с марта месяца по декабрь в закрытом грунте. Рекомендуем использовать в цветниках (моно- и смешанные группы) сорта с окраской долей околоцветника, создающей яркие и контрастные пятна от лимонной до желто-зеленой – Artic Snow, Prepping with Gold, Sea Gould, Stafford, Emerald Joy; красные – Double Fireorgerez, Regal Air, Edna Spadming, Buzz Bomb; от темно-красной до черной – Бархатная Ночь, Border Lord, King of Hearts, Full Rewild, Christopher Columbus, Red Fountain, Red Sea, Wally Nance; коричневые – Рыжик, Kwanso; от светло-розовой до розовой – Angel of Light, Siloam Double Classic, Tan Twild, Insulina, Red of Roses, Strawberry Candy; лавандово-вишневые – Luxury Lace, Chinence Chariot, Trahlyta, Wine and Cup, Daring Deception, Swallow Tailed Kite, Фея Сирени; светло-абрикосово-персиковые – Нежная Мелодия, Calgary Stampede, Jan's Twister, Interited Wealth, Wild Horses, Lady Hesketh, George Cunningham, Pandora's Box, Winnie the Pooh, Christmas Carol; оранжево-горчичные – Cherry Eyes Pumphine, Bambergy Crismas, Primal Scream.

Исследование сортового разнообразия *H. hybrida* значительно расширяет сведения об их росте и развитии, декоративных свойств в условиях культивирования лесостепной зоны Западной Сибири, что способствует рациональному их использованию в различных направлениях цветоводства данного региона.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований по теме «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов» в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту № AAAA-A21-121011290025-2.

Библиографический список

1. Пашенко О. И. Гемерокаллис гибридный (*Hemerocallis* × *hybrida* hort.) в коллекции Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства субтропических культур // Субтропическое и декоративное садоводство. 2017. Вып.60. С. 43–48.

2. Пашенко О. И., Слепченко Н. А. Некоторые представители семейства Xanthorrhoeaceae в коллекции Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства субтропических культур // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: материалы XX юбилейной международной научной конференции. Махачкала, 2018. С. 217–219.
3. Улановская И. В., Шишкин В. А. Особенности сезонных ритмов роста и развития сортов *Hemerocallis* × *hybrida* hort. В условиях интродукции в Никитском ботаническом саду // Бюллетень ГНБС. 2017. № 123. С. 21–28.
4. Улановская И. В. К вопросу комплексной оценки сортов *Hemerocallis* × *hybrida* hort. при культивировании в условиях Южного берега Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2018. № 128. С. 55–61.
5. Окач М. А., Мухаметова С. В. Лилейники коллекции ботанического сада-института ПГТУ // Вестник Поволжский Государственный технологический университет. Серия: Лес. Экология, Природопользование. 2020. № 4 (48). С. 50–60. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.4/50.
6. Селиверстова Е. Н. Интродукция и акклиматизация сортов лилейника гибридного в Ставропольском ботаническом саду // Новости науки в АПК. 2019. № 1–1 (12). С. 113–115. DOI: 10.25930/фрас-wg17.
7. Слепченко Н. А., Пашенко О. И. Состав и состояние коллекции многолетних травянистых цветочных культур ФИЦ СНЦ РАН // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. № 76. С. 66–80. DOI: 1031360/2225-3068-2021-76-66-80.
8. Американское общество лилейника (American Hemerocallis Society) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.daylilies.org> (дата обращения: 08.04.2022).
9. Hemerocallis [e-resource] // Plantarium: open online atlas and key to plants and lichens of Russian and neighboring countries 2007–2020. URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/41337.html> (date of reference: 08.04.2022).
10. Седельникова Л. Л. Оценка элементного состава красоднева как биоиндикатора экологического состояния урбанизированной среды // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 5. С. 62–66. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-05-62-66.
11. Sedelnikova L. L., Tsandekova O. L. Ash Content of Ornamental Plants in Urban Environment (Through the Example of Cities of the Novosibirsk Region) // Chemistry for Sustainable Development. 2020. No. 28. Pp. 412–417. DOI: 10.15372/CSD2020247.
12. Реут А. А. Содержание биологически активных веществ в интродуцированных представителях рода *Hemerocallis* L. // Известия Федерального научного центра овощеводства. 2019. № 1. С. 93–96.
13. Sedelnikova L. L., Chankina O. V. Elemental composition of the leaves and rhizomes *Hemerocallis hybrida* hort. // Chemistry for Sustainable Development. 2019. No. 27. Pp. 530–535. DOI: 10.15372/CSD2019170.
14. Седельникова Л. Л., Чанкина О. В. Элементный состав вегетативных органов сортов Regal Air и Speak to me *Hemerocallis hybrida* // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 245–250. DOI: 10.14258/jcrpm.20200014612.
15. Sedelnikova L. L., Kukushkina T. A. The content of secondary metabolites in the leaves and rhizomes of hybrid daylily in the conditions of the forest-steppe of the Novosibirsk region // Chemistry for Sustainable Development. 2021. Vol. 29. No. 4. Pp. 488–493. DOI: 10.15372/CSD2021325.
16. Седельникова Л. Л. Генетические ресурсы красодневоых (*Hemerocallidaceae*) при интродукции в Западной Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 10. С. 114–120.
17. Седельникова Л. Л. Развитие адаптированных сортов *Hemerocallis* × *hybrida* в лесостепи Новосибирской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 8. С. 11–18. DOI: 10.367118/1819-4036-2021-8-11-18.
18. Sedelnikova L. Ontomorphogenesis of some species of *Hemerocallis* genus in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region // Bio Web. Conferences. VI International Scientific Conference “Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions”. 2021. Vol. 31. Article number 00025. URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2021/03/bioconf_pibidr2021_00025/bioconf_pibidr2021_00025.html (date of reference: 08.04.2022). DOI: 10.1051/bioconf/20213100025.
19. Челтыгмашева Л. Р., Седельникова Л. Л. Морфогенез и анатомическое строение листовой пластинки *Hemerocallis* × *hybrida* hort. в лесостепи Приобья // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2020. № 2 (34). С. 72–83. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.34.7.
20. Седельникова Л. Л. Сортоизучение декоративных многолетников в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН // Актуальные вопросы декоративного садоводства: наследие З. И. Лучник: материалы Всероссийской конференции, посвященной 110-летию со дня рождения З. И. Лучник. Барнаул, 2019. С. 202–214.

Об авторе:

Людмила Леонидовна Седельникова¹, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции декоративных растений, ORCID 0000-0002-1122-2421, AuthorID 164902; +7 913 472-19-77, lusedelnikova@yandex.ru

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

Ranking of hybrid daylily varieties of the CSBS SB RAS collection and prospects for rational use

L. L. Sedelnikova¹✉

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

✉E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Abstract. *Hemerocallis hybrida* hort. is a decorative perennial short-rooted polycarpic of the red-leaf family (*Hemerocallidaceae* R. Br.), genus (*Hemerocallis* L.). Daylily (krasodnev) is widely known as a summer-flowering, sustainable crop, which is still insufficiently used in the green construction of the Novosibirsk region. This is due to the lack of recommended assortment from different garden groups adapted to the sharply continental climate of Western Siberia. **The aim** of the study was to evaluate the varieties of hybrid daylily from the collection of the Central Siberian Botanical Garden according to the complex of decorative and economic features for rational use in the floriculture of Siberia. **Methods.** In accordance with the methodology of V. N. Bylov et al. the introduced varieties were evaluated for decorative features (plant height, inflorescences, bush habitus, flower color and size, number of flowers in the inflorescence, aroma) and economic and biological properties (timing and duration of flowering; number of vegetative and generative shoots, resistance to weather factors, diseases and pests). **Results.** As a result of morphobiological analysis of 90 varieties of hybrid daylily, varieties from different garden groups were identified that have a score of 63–99 points for decorative qualities (Angel of Light, Christopher Columbus, Pandora, s Box, White Cream, Strawberry Candy, Primel Scream, Red of Roses, Lady Hesketh, etc.). According to the economic and biological properties of the variety estimated at 27–48 points. As a result of a comprehensive 150-point assessment, 52 varieties were identified as very promising (more than 120 points), 30 varieties are promising (106–120 points), 8 unpromising varieties (less than 105 points), these are Lemon Bells, Goi, Revolute, Awaited Hourse, Highland Lord, Close Childe, Apricot, Solid Scarlet. Scientific novelty. For the first time, a ranking of 90 varieties of hybrid daylily introduced into the conditions of the forest-steppe zone was carried out and a sorting was recommended for different types of plantings (mono- and mixed groups, mixborders, rabatki, borders, tapeworms, containers).

Keywords: daylily, varieties, biological features, decorative and economic features, rational use, forest-steppe zone, Western Siberia.

For citation: Sedel'nikova L. L. Ranzhirovanie sortov lileynika gibridnogo kollektsii TsSBS SO RAN i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya [Ranking of hybrid daylily varieties of the CSBS SB RAS collection and prospects for rational use] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 47–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-47-58.

Date of paper submission: 10.06.2022, **date of review:** 27.06.2022, **date of acceptance:** 04.07.2022.

References

1. Pashchenko O. I. Gemerokallis gibridnyy (*Hemerocallis* × *hybrida* Hort.) v kollektsii Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta tsvetovodstva subtropicheskikh kul'tur [*Hemerocallis* × *hybrida* Hort. in the collection of the All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture of Subtropical Crops] // Subtropical and ornamental gardening. 2017. Iss. 60. Pp. 43–48. (In Russian.)
2. Pashchenko O. I., Slepchenko N. A. Nekotoryye predstaviteli semeystva Xanthorrhoeaceae v kollektsii Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta tsvetovodstva subtropicheskikh kul'tur [Some representatives of

the Xanthorrhoeaceae family in the collection of the All-Russian Research Institute of Floriculture of Subtropical Crops] // Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza i Yuga Rossii: materialy XX yubileynoy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Makhachkala, 2018. Pp. 217–219. (In Russian.)

3. Ulanovskaya I. V., Shishkin V. A. Osobennosti sezonnykh ritmov rosta i razvitiya sortov *Hemerocallis* × *hybrida* hort. V usloviyakh introduktsii v Nikitskom botanicheskom sadu [Peculiarities of seasonal rhythms of growth and development of varieties *Hemerocallis* × *hybrida* hort. Under the conditions of introduction in the Nikitsky Botanical Garden] // Bulletin of GNBS. 2017. No. 123. Pp. 21–28. (In Russian.)

4. Ulanovskaia I.V. K voprosu kompleksnoi otsenki sortov *Hemerocallis* × *hybrida* hort. pri kultivirovanii v usloviyakh luzhnogo berega Kryma [On the issue of a comprehensive assessment of varieties of *Hemerocallis* × *hybrida* hort. when cultivated in the conditions of the Southern coast of Crimea] // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2018. No. 128. Pp. 55–61. (In Russian.)

5. Okach M. A., Mukhametova S. V. Lileyniki kollektsii botanicheskogo sada-instituta PGU [Daylilies of the collection of the botanical garden-institute of PSTU] // Bulletin of the Volga State Technological University. Ser.: Forest. Ecology, nature management. 2020. No. 4 (48). Pp. 50–60. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.4/50. (In Russian.)

6. Seliverstova E. N. Introduktsiya i akklimatizatsiya sortov lileynika gibridnogo v Stavropol'skom botanicheskom sadu [Introduction and acclimatization of hybrid daylily varieties in the Stavropol Botanical Garden] // News of science in the agro-industrial complex. 2019. No. 1–1 (12). Pp. 113–115. DOI: 10.25930/fpac-wg17. (In Russian.)

7. Slepchenko N. A., Pashchenko O. I. Sostav i sostoyaniye kollektsii mnogoletnikh travyanistyykh tsvetochnykh kul'tur FITS SNTS RAN [Composition and condition of the collection of perennial herbaceous flower cultures of the FRC SNC RAS] // Subtropical and ornamental gardening. 2021. No. 76. Pp. 66–80. DOI: 10.1360/2225-3068-2021-76-66-80. (In Russian.)

8. Amerikanskoe obshchestvo lileinika (American *Hemerocallis* Society) [American Daylily Society (American *Hemerocallis* Society)] [e-resource]. URL: <http://www.daylilies.org> (date of reference: 08.04.2022). (In Russian.)

9. *Hemerocallis* // Plantarium: open online atlas and key to plants and lichens of Russian and neighboring countries 2007–2020. URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/41337.html> (date of reference: 08.04.2022). (In Russian.)

10. Sedelnikova L. L. Otsenka elementnogo sostava krasodneva kak bioindikatora ekologicheskogo sostoyaniya urbanizirovannoy sredy [Evaluation of the elemental composition of Daylily as a bioindicator of the ecological state of the urbanized environment] // Ecology and industry of Russia. 2019. Vol. 23. No. 5. Pp. 62–66. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-05-62-66. (In Russian.)

11. Sedelnikova L. L., Tsandekova O. L. Ash Content of Ornamental Plants in Urban Environment (Through the Example of Cities of the Novosibirsk Region) // Chemistry for Sustainable Development. 2020. No. 28. Pp. 412–417. DOI: 10.15372/CSD2020247.

12. Reut A. A. Soderzhaniye biologicheskii aktivnykh veshchestv v introdutsirovannykh predstavitel'yakh roda *Hemerocallis* L. [The content of biologically active substances in introduced representatives of the genus *Hemerocallis* L.] // News of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing. 2019. No. 1. Pp. 93–96. (In Russian.)

13. Sedelnikova L. L., Chankina O. V. Elemental composition of the leaves and rhizomes *Hemerocallis hybrida* hort // Chemistry for Sustainable Development. 2019. No. 27. Pp. 530–535. DOI: 10.15372/CSD2019170.

14. Sedelnikova L. L., Chankina O. V. Elementnyy sostav vegetativnykh organov sortov Regal Air i Speak to me *Hemerocallis hybrida* [Elemental composition of vegetative organs of varieties Regal Air and Speak to me *Hemerocallis hybrida*] // Chemistry of plant raw materials. 2020. No. 1. Pp. 245–250. DOI: 10.14258/jcprm.20200014612. (In Russian.)

15. Sedelnikova L. L., Kukushkina T. A. The content of secondary metabolites in the leaves and rhizomes of hybrid daylily in the conditions of the forest-steppe of the Novosibirsk region // Chemistry for Sustainable Development. 2021. Vol. 29. No. 4. Pp. 488–493. DOI: 10.15372/CSD2021325.

16. Sedelnikova L. L. Geneticheskie resursy Krasodnevoykh (*Hemerocallidaceae*) pri introduktsii v Zapadnoi Sibiri [Genetic resources of Red-leaved (*Hemerocallidaceae*) during introduction in Western Siberia] // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2017. No. 10. Pp. 114–120. (In Russian.)

17. Sedelnikova L. L. Razvitiye adaptirovannykh sortov *Hemerocallis* × *hybrida* v lesostepi Novosibirskoi oblasti [Development of adapted varieties of *Hemerocallis* × *hybrida* in the forest-steppe of the Novosibirsk region] // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2021. No. 8. Pp. 11–18. DOI: 10.367118/1819-4036-2021-8-11-18. (In Russian.)

18. Sedelnikova L. Ontomorphogenesis of some species of *Hemerocallis* genus in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region // Bio Web. Conferences. VI International Scientific Conference “Problems

of Industrial Botany of Industrially Developed Regions". 2021. Vol. 31. Article number 00025. URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2021/03/bioconf_pibidr2021_00025/bioconf_pibidr2021_00025.html (date of reference: 08.04.2022). DOI: 10.1051/bioconf/20213100025.

19. Cheltygmasheva L. R., Sedelnikova L. L. Morfogenez i anatomicheskoye stroeniye listovoy plastinki Hemerocallis × hybrida hort. v lesostepi Priob'ya [Morphogenesis and anatomical structure of the leaf blade of Hemerocallis × hybrida hort. in the forest-steppe of the Ob region] // Vestnik of the Orenburg State Pedagogical University 2020. No. 2 (34). Pp. 72–83. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.34.7. (In Russian.)

20. Sedelnikova L. L. Sortoizucheniye dekorativnykh mnogoletnikov v Tsentral'nom sibirskom botanicheskom sadu SO RAN [Variety study of ornamental perennials in the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences] // Aktual'nye voprosy dekorativnogo sadovodstva: nasledie Z. I. Luchnik: materialy Vserossiyskoy konferentsii, posvyashchennoy 110-letiyu so dnya rozhdeniya Z. I. Luchnik. Barnaul, 2019. Pp. 202–214. (In Russian.)

Author's information:

Lyudmila L. Sedelnikova¹, doctor of biological sciences, senior researcher of the laboratory of introduction of ornamental plants, ORCID 0000-0002-1122-2421, AuthorID 164902; +7 913 472-19-77, lusedelnikova@yandex.ru

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

Комбинационная способность сортов и линий яровой твердой пшеницы по элементам продуктивности и качеству клейковины

В. С. Юсов¹✉, М. Г. Евдокимов¹, А. Л. Шпигель¹

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

✉ E-mail: yusov@anc55.ru

Аннотация. Цель. Исследование направлено на изучение комбинационной способности и возможность передачи компонентов продуктивности и качества от итальянских и российских источников в целях улучшения качества клейковины сортов яровой твердой пшеницы сибирского экотипа. **Методы.** В 2020 и 2021 гг. на базе лаборатории селекции твердой пшеницы Омского АНЦ в системе неполных топкроссов были изучены сорта Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3, Таганрог и 3 линии селекции Италии. Комбинационную способность рассчитывали по методике Г. К. Дремлюка и В. Ф. Герасименко. Оценка материала по качеству клейковины оценена методом SDS-седиментации, индекс глютена определен на приборе «Глютоматик 2200». Анализ главных компонент был проведен с помощью пакета R version 4.1.2. **Научная новизна.** Изучена комбинационная способность признаков качества клейковины и элементов продуктивности от скрещивания итальянских и российских сортов твердой пшеницы, определены их донорские способности, предложена стратегия отбора. Выявлена проблема экологической изменчивости индекса глютена, что влечет за собой дополнительные исследования. **Результаты.** В генетическом контроле признаков (индекс глютена, SDS, масса зерна главного колоса, количество зерен в колосе, масса зерна с растения) преобладает аддитивно-доминантная система. У гибридов первого поколения по элементам продуктивности проявляется гетерозисный эффект. Из всех изученных признаков отбор будет эффективен по индексу глютена, SDS, массе зерна главного колоса и количеству зерен. Отбор целесообразно проводить одновременно по продуктивности и качеству клейковины. Вовлечение в селекционный процесс итальянских линий дополнительно требует контроля урожайных свойств.

Ключевые слова: *Triticum durum*, селекция, клейковина, индекс глютена, SDS-седиментация, комбинационная способность, качество, анализ главных компонент.

Для цитирования: Юсов В. С., Евдокимов М. Г., Шпигель А. Л. Комбинационная способность сортов и линий яровой твердой пшеницы по элементам продуктивности и качеству клейковины // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 59–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-59-70.

Дата поступления статьи: 04.05.2022, **дата рецензирования:** 31.05.2022, **дата принятия:** 22.06.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Зерно твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) – незаменимое сырье для производства высококачественных макарон, кондитерских изделий, круп, а также для получения ценного детского питания. В мире ежегодно выпускается около 14,3 млн тонн макаронных изделий. Основными производителями являются Италия США, Бразилия, Турция, Россия. Россия занимает 4-е место в мире по производству, 10-е место по объему потребления (8 кг на человека в год) [1, с. 73].

Основными свойствами и положительными качествами макаронных изделий являются питательность (не менее 12 % белковых веществ и 70–72 % углеводов) и калорийность (около 350 ккал на 100 г).

Кроме того, макароны содержат такие полезные компоненты, как клетчатка или пребиотики [2, с. 3; 3, с. 1715; 4, с. 78]. Качество и питательная ценность макаронных изделий во многом зависят от содержания клейковины и ее физических свойств, которые на протяжении многих лет определялись по показателям ИДК (измеритель деформации клейковины [5, с. 69–73] и SDS-седиментации [6, с. 118].

Внедрение европейскими макаронными фабриками высокотемпературной и сверхвысокотемпературной сушки предъявляет дополнительные требования к качеству клейковины, переработчикам потребовались сорта с более сильной и эластичной клейковиной [7, с. 2]. В последние годы в России макаронные фабрики начали закупать импортное

оборудование, соответственно, понадобились сорта твердой пшеницы с повышенным индексом глютена, которые можно перерабатывать без дополнительных затрат. В настоящее время отечественными селекционерами созданы сорта Таганрог [8, с. 220], АТП Прима [9, с. 28], перспективные линии в Омском АНЦ. Осознав потребность отечественного рынка в сортах определенного типа, западно-европейские селекционные фирмы активизировали попытки регистрации сортов яровой твердой пшеницы в РФ. На ГСУ передаются сорта итальянских фирм ISEA SRL и PSB, австрийской Saatzuch Donau, германской DSV, чешской Selgen, словацкой Istopol Solary A. S., швейцарской Syngenta [10, с. 72]. Нужно отметить, что подходы к повышению показателя индекса глютена требуют детальной проработки, поскольку изменение соотношения глиадина и глютенина у твердой пшеницы, режима сушки в какой-то мере влияют на пищевые достоинства макаронных изделий.

Необходимо принимать во внимание и то, что повышенный уровень глютена не всегда имеет положительное значение. Незначительная часть населения не переносит наличие глютена (страдает целиакией), и существует проблема производства безглютеновой продукции [11, с. 121].

Основной ареал возделывания твердой пшеницы в Западной Сибири – степная и южная лесостепная зоны. Это регион рискованного земледелия с дефицитом осадков и проявлением различных типов засухи [12, с. 517].

Многолетнее изучение европейских сортов, а также сортов и линий СИММУТ показало, что в условиях Западной Сибири они значительно уступают по адаптивности местным сортам и линиям, сильно страдают от засухи, особенно в период налива зерна [13, с. 86; 14, с. 97].

На сегодняшний день лабораторией твердой пшеницы Омского АНЦ созданы адаптивные, высокоурожайные сорта сибирского экотипа различных групп спелости, устойчивые к болезням и с хорошим качеством макарон: Ангел, Омская янтарная, Омский корунд, Жемчужина Сибири, Омский кристалл, Омская степная, Омский изумруд, Оазис, Омский циркон, Омская бирюза, Омский коралл. В настоящее время 6 сортов включено в Государственный реестр селекционных достижений. Получено 9 авторских свидетельств и 9 патентов на сорта в РФ и 4 патента Республики Казахстан [15, с. 57].

В целях улучшения качества клейковины у сортов сибирского экотипа была изучена комбинационная способность и возможность передачи элементов продуктивности и качества от итальянских и российских источников.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в 2020 и 2021 гг. по пару в селекционном севообороте лаборатории

селекции твердой пшеницы Омского АНЦ. Посев проводился ручной сажалкой конструкции СибНИИ-ИСХ. Гибриды и родительские формы высевались в трехкратной повторности. В каждой повторности закладывалось по 20 зерен F_1 и по 40 зерен гибридов F_2 и F_3 с площадью питания 20×10 см. Срок посева – 14–15 мая. Часть гибридных зерен F_1 в 2020 г. были размножены в зимних условиях для изучения в 2021 г. F_3 . В системе неполных топкроссов были использованы в качестве материнских форм Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Омский коралл, Гордеформе 10-33-3, Гордеформе 11-76-3, а в качестве отцовских – 3 линии селекции Италии и сорт Таганрог, по сведениям авторов, обладающий высоким качеством клейковины [8, с. 225]. Общую комбинационную способность (ОКС) и специфическую комбинационную способность (СКС) рассчитывали по методике Г. К. Дремлюка и В. Ф. Герасименко¹. Оценка материала по качеству клейковины оценена методом SDS-седиментации в модификации Н. С. Васильчука². Индекс глютена (IG) определен на приборе «Глютоматик 2200». Анализ главных компонент (Principal component analysis – PCA) был проведен с помощью пакета R version 4.1.2.

Погодные условия приведены по данным Омского гидрометеорологического центра^{3, 4}.

В мае 2020 и 2021 гг. погода была жаркой и сухой: среднесуточная температура воздуха была выше нормы на 2,6 °C и 2,5 °C, осадков выпало 62,9 % и 42,9 % от среднееголетнего значения. В июне 2020 г. преобладала прохладная погода. Среднемесячная температура воздуха 16,2 °C – на 1,8 °C ниже нормы (89,8 %). В первой и во второй декадах наблюдался существенный недобор осадков, а третья декада была дождливой. Всего за месяц выпало 44,2 мм осадков, что на 6,8 меньше нормы (86,7 %). В 2021 г. среднемесячная температура воздуха июня была 16,9 °C, что на 1,1 °C ниже нормы. Осадков выпало 44,7 мм (81,3 от нормы). Среднемесячная температура воздуха в июле 2020 г. была на 1,6 °C выше среднееголетней и составила 21,2 °C (108,2 % к норме). Осадков выпало 13,6 мм (20,6 % к среднееголетним значениям). В 2021 г. июль характеризовался теплой погодой с существенным недобором осадков. Температурный режим был выше нормы на 1,2 °C, осад-

¹ Дремлюк Г. К., Герасименко В. Ф. Приемы анализа комбинационной способности и ЭВМ. Программы для нерегулярных скрещиваний. Москва: Агропромиздат; 1992, 144 с.

² Васильчук Н. С., Гапонов С. Н., Еременко Л. В., Паршикова Т. М., Попова В. М., Цетва Н. М., Шутарева Г. И. Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf) // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. № 3. С. 34–39.

³ Агрометеорологический бюллетень. Омск: Омский ЦГМС, 2020 г. 16 с.

⁴ Агрометеорологический бюллетень. Омск: Омский ЦГМС, 2021 г. 16 с.

ков выпало 32,8 мм (50,5 %). В целом август 2020 г. характеризовался теплой погодой и по количеству осадков был на уровне среднеемноголетнего. Температура воздуха была на 2,5 °C выше нормы (115 %), а осадков выпало 52,8 мм (97,8 %). В 2021 г. температура была выше нормы на 2,1 °C (19,1 °C) с осадками 42,4 мм (75,7 % от средней многолетней). Таким образом, метеорологические условия в годы исследований были довольно близкими. Это подтверждается и помесечными показателями ГТК: май – 0,40; 0,25, июнь – 0,93; 0,74, июль – 0,21; 0,51, август – 0,88; 0,72 (таблица 1). Подекадный анализ показал, что наиболее существенные различия по температурному режиму проявились во 2-й декаде июля, 1-й декаде августа (рис. 1). По количеству осадков в основном наблюдались близкое значение

к норме или существенный дефицит. Существенные различия по осадкам наблюдались в 3-й декаде июля (в 2020 г. – 42 мм против 15 мм в 2021 г.) и во второй декаде августа (33,2 и 13,0 мм соответственно).

Таким образом, в годы исследований засушливые условия в первый период вегетации сложились в мае, а во второй – в июле. В целом за период с мая по август ГТК составил 0,61–0,55 (градации сухих условий по классификации Селянинова).

Таким образом, в 2020 и 2021 гг. в Омской области складывались неблагоприятные погодные условия для формирования и налива зерна твердой пшеницы, засуха наблюдалась в первый и во второй период вегетации.

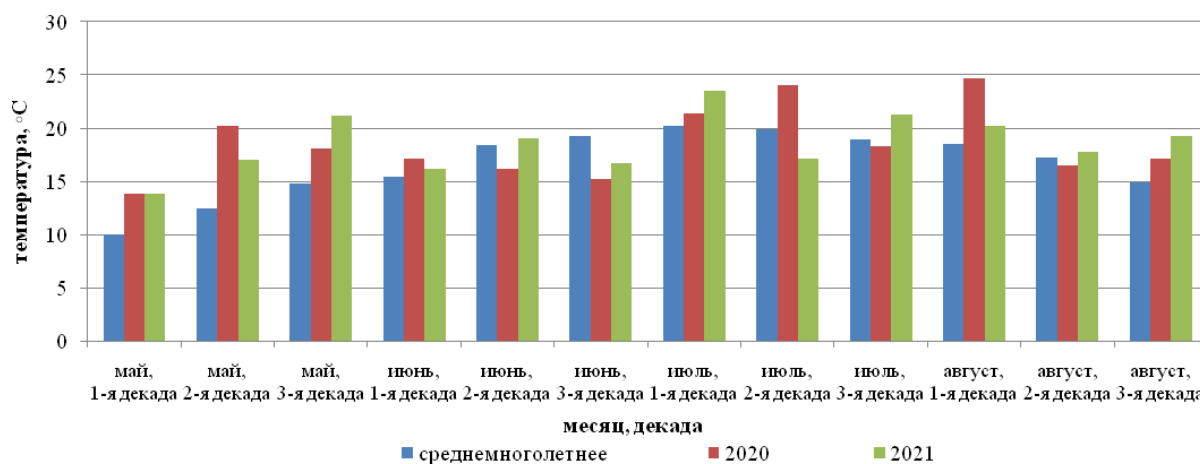


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха в период вегетации в 2020 и 2021 гг.

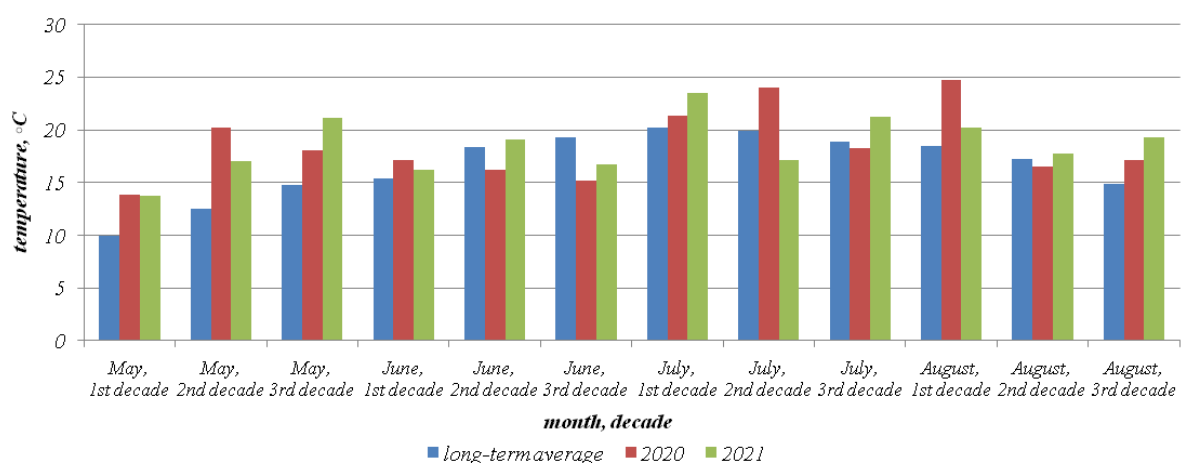


Fig. 1. Middle-day and night temperature of air in period of vegetation in 2020 and 2021

Таблица 1
Показатели ГТК за вегетационный период

Год	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетационный период
2020	0,40	0,93	0,21	0,88	0,61
2021	0,25	0,74	0,51	0,72	0,55

Table 1
Parameters of hydrothermal coefficient (HTC) in period of vegetation in 2020 and 2021

Year	May	June	July	August	Period of vegetation
2020	0.40	0.93	0.21	0.88	0.61
2021	0.25	0.74	0.51	0.72	0.55

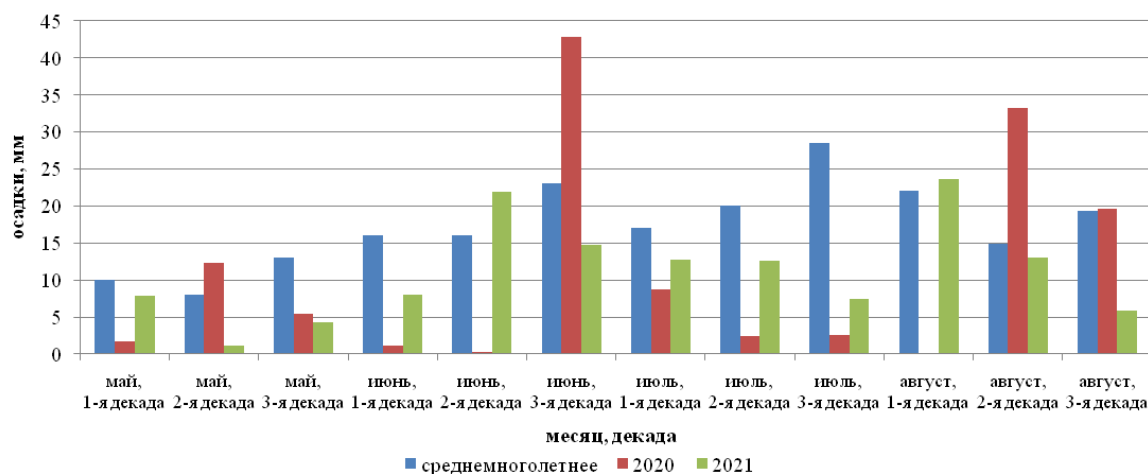


Рис. 2. Количество осадков в период вегетации в 2020 и 2021 гг.

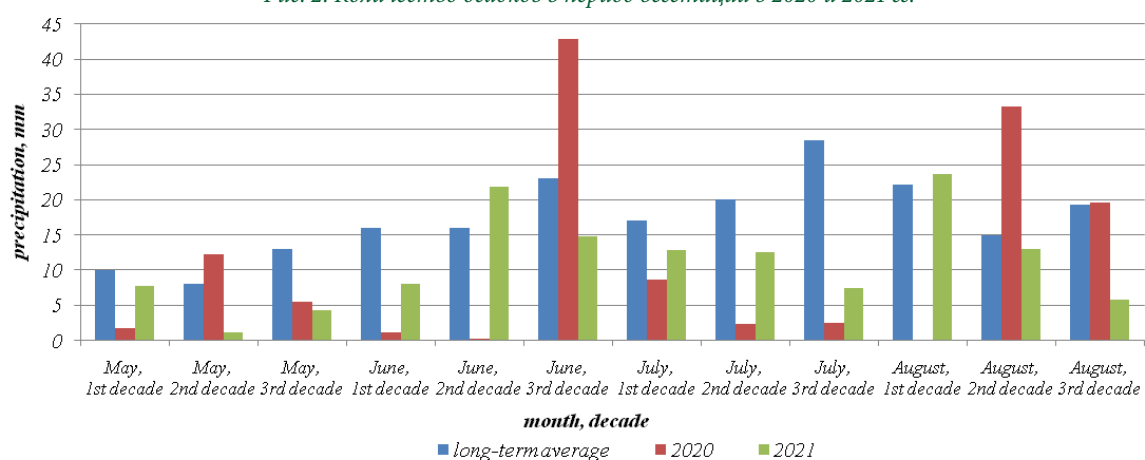


Fig. 2. Precipitation in period of vegetation in 2020 and 2021

Результаты (Results)

Результаты выраженности элементов продуктивности и качества клейковины гибридов и родительских форм, обработанные анализом главных компонент, представлены на рис. 3. Средний (основной эффект) генотипа отражает 78,7 % фенотипического варьирования. У гибридов первого поколения явно выражен гетерозисный эффект по массе зерна главного колоса, массе зерна с растения и количеству зерен в колосе. Гибриды F_2 приближаются к отцовским формам, а гибриды F_3 занимают промежуточное положение по продуктивности между материнскими и отцовскими формами, но отличаются от них по качеству клейковины. Среднее значение материнских форм по показателю IG – 22,36, отцовских – 49,5, гибридов F_3 – 44,5. По показателю SDS-седimentации среднее значение материнских форм – 35,3, отцовских – 44,5 гибридов F_3 – 42,2 мл. Также нами выявлено отсутствие корреляции между двумя этими признаками, что видно на биplotе. Ни одна из изученных отцовских форм в наших условиях не сформировала заявленное оригинаторами качество клейковины. Причины экологического изменения индекса глютена неясны, но известно, что высокотемпературный стресс влияет на выра-

жение силы глютена [16, с. 69]. Этот показатель, как и другие признаки качества зерна и макарон, экологическая нестабильность которых по годам показана ранее [17, с. 59; 18, с. 58; 19, с. 30], сильно варьирует.

Информация об аддитивных эффектах генов, т. е. об общих эффектах комбинационной способности (ОКС), имеет большое значение, поскольку она успешно предсказывает генетический потенциал родителей, которые дают желаемые результаты в последующих поколениях. Оценка комбинационной способности по показателю SDS-седimentации в F_1 , F_2 , F_3 выявила, что признак детерминирован преимущественно аддитивными эффектами отцовских форм со снижением к F_3 . Также выявлено высокое влияние неаддитивных эффектов, которые усиливаются в ряду поколений (таблица 2). Второй показатель качества клейковины – индекс глютена (IG) – также детерминирован преимущественно аддитивными эффектами отцовских форм, анализ долевого влияния фактора составляет 57,86–78,25 %. Продуктивность твердой пшеницы в Западной Сибири в основном определяется массой зерна главного колоса и количеством продуктивных стеблей на единицу площади.

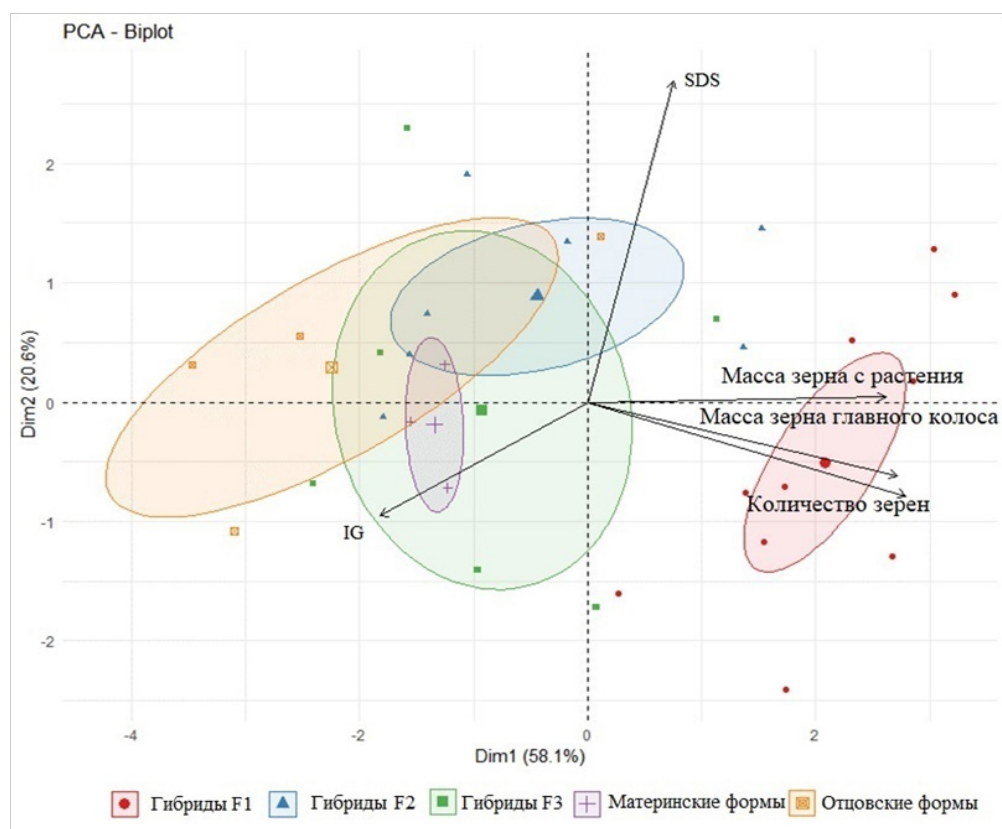


Рис. 3. Анализ главных компонент элементов продуктивности и качества клейковины родителей и гибридов, среднее за 2020–2021 гг.

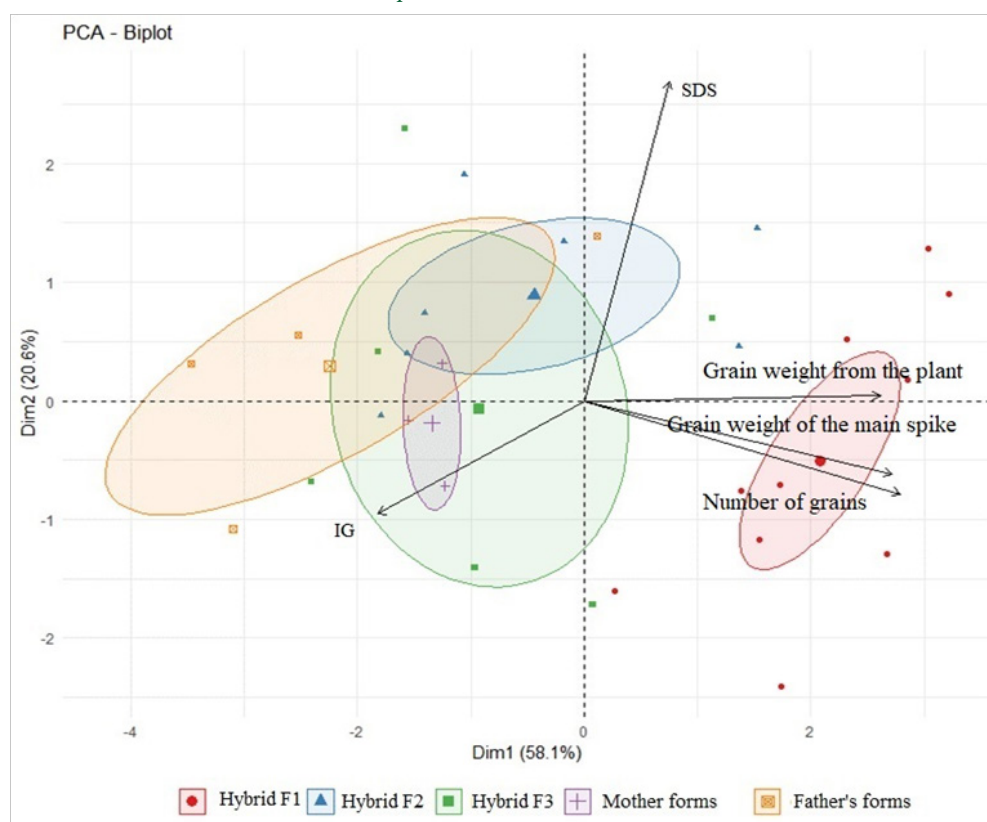


Fig. 3. Principal component analysis of productivity elements and quality gluten of parents and hybrids, average for 2021–2021

Таблица 2

Анализ комбинационной способности твердой пшеницы по комплексу хозяйственно ценных признаков (F₁, F₂, F₃)

Признак	Источник изменчивости	F ₁		F ₂		F ₃	
		2020		2021		2021	
		MS	%	MS	%	MS	%
SDS	ОКС ♀	6,69	12,59	2,83	15,78	10,53	27,43
	ОКС ♂	35,65	67,08	10,36	57,69	16,26	42,36
	СКС	9,93	18,68	4,05	22,58	10,37	27,01
	Ошибка	0,88	1,65	0,71	3,95	1,23	3,20
IG	ОКС ♀	1,42	23,16	4,20	1,90	16,10	11,21
	ОКС ♂	3,54	57,86	173,42	78,25	108,41	75,48
	СКС	1,03	16,91	42,78	19,30	17,25	12,01
	Ошибка	0,13	2,07	1,23	0,55	1,88	1,31
Количество зерен в колосе	ОКС ♀	14,25	63,49	70,87	75,46	139,87	81,19
	ОКС ♂	2,50	11,13	13,98	14,88	7,87	4,57
	СКС	4,69	20,89	6,73	7,16	19,20	11,14
	Ошибка	1,01	4,49	2,35	2,50	5,33	3,09
Масса зерна главного колоса	ОКС ♀	0,09	14,88	0,02	12,29	0,03	7,99
	ОКС ♂	0,03	75,46	0,16	80,05	0,32	83,53
	СКС	0,03	7,16	0,01	4,74	0,02	6,01
	Ошибка	0,01	2,50	0,01	2,92	0,01	2,47
Масса зерна с растения	ОКС ♀	1,03	33,32	0,57	19,95	0,22	6,37
	ОКС ♂	1,42	45,65	1,19	41,72	2,84	82,24
	СКС	0,54	17,41	0,97	33,93	0,27	7,96
	Ошибка	0,11	3,63	0,13	4,40	0,12	3,43

Table 2

Analysis of the combining ability in durum wheat according to a set of agronomic traits in (F₁, F₂, F₃)

Sign	Source of variability	F ₁		F ₂		F ₃	
		2020		2021		2021	
		MS	%	MS	%	MS	%
SDS	GCA ♀	6.69	12.59	2.83	15.78	10.53	27.43
	GCA ♂	35.65	67.08	10.36	57.69	16.26	42.36
	SCA	9.93	18.68	4.05	22.58	10.37	27.01
	Error	0.88	1.65	0.71	3.95	1.23	3.20
IG	GCA ♀	1.42	23.16	4.20	1.90	16.10	11.21
	GCA ♂	3.54	57.86	173.42	78.25	108.41	75.48
	SCA	1.03	16.91	42.78	19.30	17.25	12.01
	Error	0.13	2.07	1.23	0.55	1.88	1.31
Number of grains of the main spike	GCA ♀	14.25	63.49	70.87	75.46	139.87	81.19
	GCA ♂	2.50	11.13	13.98	14.88	7.87	4.57
	SCA	4.69	20.89	6.73	7.16	19.20	11.14
	Error	1.01	4.49	2.35	2.50	5.33	3.09
Grain weight of the main spike	GCA ♀	0.09	14.88	0.02	12.29	0.03	7.99
	GCA ♂	0.03	75.46	0.16	80.05	0.32	83.53
	SCA	0.03	7.16	0.01	4.74	0.02	6.01
	Error	0.01	2.50	0.01	2.92	0.01	2.47
Grain weight from the plant	GCA ♀	1.03	33.32	0.57	19.95	0.22	6.37
	GCA ♂	1.42	45.65	1.19	41.72	2.84	82.24
	SCA	0.54	17.41	0.97	33.93	0.27	7.96
	Error	0.11	3.63	0.13	4.40	0.12	3.43

Озерненность колоса является одним из основных и сложных элементов структуры урожая. Он зависит от целого ряда факторов: фертильности пыльцы и завязи, процента завязывания зерновок, количества колосков в колосе и прочих условий. В наших исследованиях количество зерен определялось преимущественно аддитивными эффектами материнских форм, масса зерна с колоса и масса зерна с растения – отцовскими генотипами с аналогичным эффектом. Значения коэффициентов наследуемости как в широком, так и в узком смысле были высокими в первом поколении и снижались к F_3 . Преобладание аддитивных эффектов генов позволяет применять классические методы селекции.

Из всех изученных признаков отбор в F_2 и F_3 будет эффективен по индексу глютена, SDS-седиментации, массе зерна главного колоса и количеству зерен. По массе зерна с растения положительный результат может быть достигнут только с

увеличением объемов выборки (таблица 3). Лучшей комбинационной способностью, о чем свидетельствуют эффекты оценок ОКС по индексу глютена, обладают все три итальянские линии и сорт Таганрог, незначительно могут увеличить признак Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3. По показателю SDS повышают признак Линия 2, Линия 3 и Таганрог. Высокими донорскими способностями по количеству зерен в колосе обладают Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Омский коралл, Гордеиформе 11-76-3, Таганрог; массе зерна с главного колоса – Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3, Линия 2, Таганрог; продуктивности растения – Омский коралл, Гордеиформе 10-33-3, Гордеиформе 11-76-3, Таганрог. Интерес для селекции представляют сорта, обладающие значительным эффектом ОКС более чем по одному признаку. Такими сортами являются Таганрог и Омский коралл.

Таблица 3
Эффекты ОКС сортов яровой твердой пшеницы, F_3

Сорт		IG	SDS	Количество зерен в колосе	Масса зерна главного колоса	Масса зерна с растения
Жемчужина Сибири	♀	-0,65	-1,49	2,08	0,01	-0,39
Омский изумруд	♀	-1,83	-1,72	1,20	0,04	0,11
Омский коралл	♀	0,98	0,91	5,30	0,16	0,19
Гордеиформе 10-33-3	♀	0,64	-0,80	0,47	0,04	0,37
Гордеиформе 11-76-3	♀	0,34	-0,59	1,62	0,09	0,66
Линия 1	♂	4,16	0,58	-2,82	-0,16	-0,64
Линия 2	♂	3,25	3,22	-1,17	0,13	-0,01
Линия 3	♂	3,98	2,70	-2,83	-0,09	-0,23
Таганрог	♂	4,75	1,25	4,73	0,29	0,95
Ошибка		1,34	0,62	1,50	0,06	0,19
H^2 – в широком смысле		0,67	0,74	0,71	0,76	0,38
h^2 – в узком смысле		0,56	0,52	0,44	0,50	0,36

Table 3
Effects of GGA in spring durum wheat, F_3

Variety		IG	SDS	Number of grains of the main spike	Grain weight of the main spike	Grain weight from the plant
Zhemchuzhina Sibiri	♀	-0.65	-1.49	2.08	0.11	0.39
Omskiy izumrud	♀	-1.83	-1.72	1.20	0.04	0.11
Omskiy korall	♀	0.98	0.91	5.30	0.06	0.19
Hordeiforme 10-33-3	♀	0.64	-0.80	0.47	0.04	0.37
Hordeiforme 11-76-3	♀	0.34	-0.59	1.62	0.09	0.66
Liniya 1	♂	4.16	0.58	-2.82	-0.16	-0.64
Liniya 2	♂	3.25	3.22	-1.17	0.13	0.01
Liniya 3	♂	3.98	2.70	-2.83	-0.09	-0.23
Taganrog	♂	4.75	1.25	4.73	0.29	0.95
Error:		1.34	0.62	1.50	0.06	0.19
H^2 – gene effects, broad		0.67	0.74	0.71	0.76	0.38
h^2 – gene effects, narrow		0.56	0.52	0.44	0.50	0.36

Таблица 4

Доля вариантов в общей изменчивости признаков родительских форм, %

Фактор	SDS	Индекс глютена	Количество зерен в колосе	Масса зерна главного колоса	Масса зерна с растения
Годы	1,6	1,1	2,8	23,9	1,0
Сорта	95,6	98,6	76,4	70,0	72,5
Ошибка	2,8	0,3	20,8	6,1	26,5

Table 4

The portion of variances in the total variability of the signs of parental forms, %

Factor	SDS	Index gluten	Number of grains of the main spike	Grain weight of the main spike	Grain weight from the plant
Years	1.6	1.1	2.8	23.9	1.0
Varieties	95.6	98.6	76.4	70.0	72.5
Error	2.8	0.3	20.8	6.1	26.5

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Адекватность метеорологических условий в годы исследований позволяет сделать заключение, что выявленные в поэтапных поколениях результаты связаны с их генетическими особенностями и популяционным составом гибридных комбинаций. Это подтверждается и тем, что по всем изучаемым признакам, за исключением массы зерна главного колоса, родительские формы имели близкие значения в 2020 и 2021 гг. Дисперсионный анализ показал, что доля вариантов в общей изменчивости по фактору годы составляла от 1,1 до 2,8%, сортов – 72,5–98,6 %, случайных факторов – 0,3–26,5 % (таблица 4).

Полученные экспериментальные данные в системе нерегулярных скрещиваний в полной мере раскрывают комбинативные способности исследуемых генотипов. Еще в 1954–1958 гг. В. I. Nauman и J. L. Jinks предположили, что ОКС является равнодействующей аддитивности, а СКС – неаллельного взаимодействия генов. Оценка комбинационной способности по показателю SDS-седиментации и индекса глютена определила, что признаки детерминируются преимущественно аддитивными эффектами отцовских форм. Также выявлено сильное влияние неаддитивных эффектов, которое указывает на наличие комплементарного действия генов и эпистаза. Количество зерен определялось преимущественно аддитивными эффектами материнских форм, масса зерна с колоса и масса зерна с растения – отцовскими генотипами с аналогичным эффектом. Доля влияния неаддитивных эффектов также существенна, что свидетельствует о наличии и других наследственных факторов в системе генетического контроля (доминирование, комплементарное действие). Это согласуется с ранее проведенными исследованиями, в которых установлено, что озерненность колоса контролируется в основном аддитивным эффектом генов, по массе зерна с колоса и массе зерна растения отмечены все типы

действия и взаимодействия генов, а также различные типы эпистаза [20, с. 87–88; 21, с. 1522; 22, с. 239; 23, с. 178; 24, с. 219]. Значения коэффициентов наследуемости как в широком, так и в узком смысле в первом поколении по всем признакам были высокими, за исключением массы зерна растения. Несответствие показателей индекса глютена с данными оригинаторов связано с экологической нестабильностью этого показателя. Примером этому является выявленная разница при сравнении результатов, проведенных в условиях Омска и в условиях Поволжья. Сорт Саратовская золотистая в Омске в 2015 г. сформировал зерно с индексом глютена –28,0, а по данным С. Н. Гапонова с коллегами [25, с. 4], в Саратове его значения составляли –79,0.

Таким образом, в генетическом контроле изученных признаков преобладает аддитивно-доминантная система с наличием комплементарного действия генов.

1. В качестве доноров улучшения свойств клейковины представляют интерес итальянские линии и сорт Таганрог, а по элементам продуктивности – сорта местной селекции Омский изумруд, Омский коралл, Гордеиформе 11-76-3.

2. Значения эффектов ОКС и коэффициентов наследования свидетельствуют о том, что из всех изученных признаков отбор в F_2 и F_3 будет эффективен по индексу глютена, SDS-седиментации, массе зерна главного колоса и количеству зерен. Отбор целесообразно проводить одновременно по продуктивности и качеству клейковины. Вовлечение в селекционный процесс итальянских линий дополнительно требует контроля урожайных свойств.

3. Наиболее ценный исходный материал для селекции яровой твердой пшеницы для Западной Сибири может быть получен от скрещивания сортов Таганрог и Омский коралл.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по заданию № 0797-2019-0008. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Библиографический список

1. Агапкин А. М., Махотина И. А., Белкин Ю. Д. Российский рынок макаронных изделий: структура, экспорт и импорт, динамика развития // Международная торговля и торговая политика. 2019. № 2 (18). С. 72–83. DOI: 10.21686/2410-7395-2019-2-72-83.
2. Dello Russo M., Spagnuolo C., Moccia S., Angelino D., Pellegrini N., Martini D. Nutritional Quality of Pasta Sold on the Italian Market: The Food Labelling of Italian Products (FLIP) Study [e-resource] // Nutrients. 2021. No. 13. Iss. 1. Article number 171. DOI: 10.3390/nu13010171. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e397/d6f-6513711c1bf23398bbd6651db9cfe80a4.pdf> (date of reference: 20.04.2022).
3. Angelino D., Martina A., Rosi A., Veronesi L., Antonini M., Mennella I., Vitaglione P., Grioni S., Brighenti F., Zavaroni I. et al. Glucose- and lipid-related biomarkers are affected in healthy obese or hyperglycemic adults consuming a whole-grain pasta enriched in prebiotics and probiotics: A 12-week randomized controlled trial // The Journal of Nutrition. 2019. Vol. 149. Iss. 10. Pp. 1714–1723. DOI: 10.1093/jn/nxz071.
4. Ciccioritti R., Taddei F., Nicoletti I., Gazza L., Corradini D., D'Egidio M. G., Martini D. Use of bran fractions and debranned kernels for the development of pasta with high nutritional and healthy potential // Food Chemistry. 2017. No. 225. Pp. 77–86. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.005.
5. Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Индекс деформации (ИДК), определяемый в зерне, как критерий качества клейковины пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2 (74). С. 69–74.
6. Мальчиков П. Н., Шаболкина Е. Н., Мясникова М. Г., Сидоренко В. С. Адекватность оценки качества клейковины твёрдой пшеницы в соответствии с параметрами регламентированными ГОСТом // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30). С. 118–124.
7. Bresciani A., Pagani M. A., Marti A. Pasta-Making Process: A Narrative Review on the Relation between Process Variables and Pasta Quality [e-resource] // Foods. 2022. No. 11. Article number 256. DOI: 10.3390/foods11030256. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e39c/c5f0ddbe65d01491c344820b812e650dc513.pdf> (date of reference: 26.04.2022).
8. Шевченко С. М., Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г., Натопи В., де Вита П., Джулиани М. Генетические методы улучшения качества пшеницы твердых сортов, адаптированных к климатическим условиям России, с особым акцентом на коммерческие характеристики зерна // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (2). С. 220–230.
9. Бойко В. Д., Курдюкова Т. А., Черемисина С. П., Тимошкина Ю. С., Кожевникова Л. М. Рекомендации по возделыванию сортов сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2021 год. Омск: ИП Шелудивченко А. В., 2021. 72 с.
10. Гончаров С. В., Курашов М. Ю. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (57). С. 66–75. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2.66.
11. Попов В. Г., Хайруллина Н. Г., Садыкова Х. Н. Тенденции использования безглютеновых видов муки в производстве продукции функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 121–128. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-121-128.
12. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Моргунов А. И., Зеленский Ю. И. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников казахстанско-сибирской селекции пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21 (5). С. 515–522. DOI: 10.18699/VJ17.23-o.
13. Юсов В. С., Кирьякова М. Н., Евдокимов М. Г. Исходный материал в селекции яровой твердой пшеницы для условий Западной Сибири. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2021. № 2. С. 82–90. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-82-90.
14. Юсов В. С., Евдокимов М. Г., Кирьякова М. Н., Глушаков Д. А. Использование генофонда сортов и линий СИММУТ в селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (1). С. 95–103. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-95-103.
15. Сорта сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Омский АНЦ»: каталог [Электронный ресурс]. Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2021. 144 с. URL: <http://anc55.ru/wp-content/uploads/2021/12/kniga-sorta-2021-okonch-var-2.pdf> (дата обращения: 26.04.2022).
16. Don C., Lookhart G., Naeem H., MacRitchie F., Hamer R. J. Heat stress and genotype affect the glutenin particles of the glutenin macropolymer-gel fraction // Journal of Cereal Science. 2005. No. 42. Pp. 69–80. DOI: 10.1016/j.jcs.2005.01.005.
17. Розова М. А., Зиборов А. И., Егиазарян Е. Е. Изменение урожайности и параметров качества сорта яровой твердой пшеницы Харьковская 46 под влиянием экологических факторов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. № 178 (3). С. 59–66. DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-59-66.
18. Сандакова Г. Н. Влияние климатических факторов на качество зерна различных сортов яровой твёрдой пшеницы в природных зонах сортового районирования Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 58–62.

19. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Пахотина И. В. Зависимость урожайности и качества зерна твердой яровой пшеницы от метеорологических факторов в южной лесостепи Западной Сибири // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 5 (71). С. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31.
20. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Мешкова Л. В., Пахотина И. В. Стратегия селекции твердой яровой пшеницы в Западной Сибири [Электронный ресурс] // *Актуальные направления развития аграрной науки: сборник научных статей, посвященный 50-летию селекционного центра ФГБНУ «Омский АНЦ»*. Омск, 2020. С. 78–94. URL: http://anc55.ru/wp-content/uploads/2020/09/sbornik-avgust_compressed.pdf (дата обращения: 26.04.2022).
21. Hannachi A., Fellahi Z., Rabti A., Guendouz A., Bouzerzour H. Combining ability and gene action estimates for some yield attributes in durum wheat. (*Triticum turgidum* L. var. durum) // *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 2017. No. 9 (3). Pp. 1519–1534. DOI: 10.4314/jfas.v9i3.17.
22. Tiwari R., Marker S., Meghwal D. Combining ability estimates for spike characters in F1 hybrids developed through diallel crosses among macaroni wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017. No. 6 (2). Pp. 237–241.
23. Sadeghzadeh-Ahari D., Sharifi P., Karimizadeh R., Mohammadi M. Estimation of genetic parameters of yield and yield components in rainfed durum wheat through diallel cross // *Journal of Crop Breeding*. 2018. No. 10 (25). Pp. 176–184. DOI: 10.29252/jcb.10.25.176.
24. Bajaniya N., Pansuriya A., Vekaria M., Singh C., Savaliya J. Combining ability analysis for grain yield and its components in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // *Indian Journal of Pure and Applied Biosciences*. 2019. Vol. 7. Iss. 4. Pp. 217–224. DOI: 10.18782/2320-7051.7664.
25. Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В., Бурмистров Н. А. Новый сорт яровой твердой пшеницы Памяти Васильчука // *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2020. № 2 (25). С. 4–5.

Об авторах:

Вадим Станиславович Юсов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, ORCID 0000-0002-4159-3872, AuthorID 238280; + 7 913 638-92-23, yusov@anc55.ru
 Михаил Григорьевич Евдокимов¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9919-2329, AuthorID 503014; +7 (381) 277-69-51, misha-emg@rambler.ru
 Анна Ленгардовна Шпигель¹, ведущий специалист, ORCID 0000-0002-9254-7091, AuthorID 1114962; +7 (381) 277-69-51, shpigel@anc55.ru

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

Combining ability of varieties and lines of spring durum wheat for productivity elements and quality of gluten

V. S. Yusov¹✉, M. G. Evdokimov¹, A. L. Shpigel¹

¹ Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russia

✉E-mail: yusov@anc55.ru

Abstract. The purpose. The research is aimed at studying the combinational ability and the possibility of transmitting of productivity elements and quality from Italian and Russian sources in order to improve the gluten quality of spring durum wheat varieties of the Siberian ecotype. **Methods.** In 2020 and 2021 years on the basis of the durum wheat breeding laboratory of the “Omsk ASC”, in the system of incomplete topcrosses were studied the varieties Zhemchuzhina Sibiri, Omskiy izumrud, Omskiy korall, Hordeiforme 10-33-3, Hordeiforme 11-76-3, Taganrog and 3 Italian breeding lines. Material for the quality of gluten was evaluated by the SDS-sedimentation (SDS), the index of gluten (IG). Principal component analysis carried out using the R package version 4.1.2. **Results.** In the genetic control of traits: IG, SDS, grain mass of the main spike, number of grains of the main spike, the mass of grain from the plant is dominated by the additive-dominant system. In hybrids F₁, according to the signs of productivity, a heterozic effect. Of all the traits studied, screening will be effective for IG, SDS, grain mass of the main spike, and number of grains. It is advisable to carry out the screening at the same time on the productivity and quality of gluten. The involvement of Italian lines in the breeding process additionally requires the control of yield properties. **Scientific novelty.** The combinative ability of gluten quality and productivity elements from crossing Italian and Russian varieties of durum wheat has been studied. The problem of ecological changes in the IG has been identified, which entails additional research.

Keywords: *Triticum durum*, breeding, gluten, index gluten, SDS- sedimentation, gluten, combining ability, quality, principal component analysis.

For citation: Yusov V. S., Evdokimov M. G., Shpigel A. L. Kombinatsionnaya sposobnost' sortov i liniy yarovoy tverдой pshenitsy po elementam produktivnosti i kachestvu kleykoviny [Combining ability of varieties and lines of spring durum wheat for productivity elements and quality of gluten] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 59–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-59-70. (In Russian.)

Date of paper submission: 04.05.2022, **date of review:** 31.05.2022, **date of acceptance:** 22.06.2022.

References

1. Agapkin A. M., Makhotina I. A., Belkin Yu. D. Rossiyskiy rynek makaronnykh izdeliy: struktura. eksport i import, dinamika razvitiya [Russian pasta market: structure, export and import, dynamics of development] // International Trade and Trade Policy 2019. No. 2 (18). Pp. 72–83. DOI: 10.21686/2410-7395-2019-2-72-83. (In Russian.)
2. Dello Russo M., Spagnuolo C., Moccia S., Angelino D., Pellegrini N., Martini D. Nutritional Quality of Pasta Sold on the Italian Market: The Food Labelling of Italian Products (FLIP) Study [e-resource] // Nutrients. 2021. No. 13. Iss. 1. Article number 171. DOI: 10.3390/nu13010171. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e397/d6f6513711c1bf23398bbd6651db9cfe80a4.pdf> (date of reference: 20.04.2022).
3. Angelino D., Martina A., Rosi A., Veronesi L., Antonini M., Mennella I., Vitaglione P., Grioni S., Brighenti F., Zavaroni I. et al. Glucose- and lipid-related biomarkers are affected in healthy obese or hyperglycemic adults consuming a whole-grain pasta enriched in prebiotics and probiotics: A 12-week randomized controlled trial // The Journal of Nutrition. 2019. Vol. 149. Iss. 10. Pp. 1714–1723. DOI: 10.1093/jn/nxz071.
4. Ciccoritti R., Taddei F., Nicoletti I., Gazza L., Corradini D., D'Egidio M. G., Martini D. Use of bran fractions and debranned kernels for the development of pasta with high nutritional and healthy potential // Food Chemistry. 2017. No. 225. Pp. 77–86. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.005.
5. Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Anisimkina N. V. Indeks deformatsii (IDK), opredelyayemyy v zerne, kak kriteriy kachestva kleykoviny pshenitsy [Deformation index (DI), determined in grain, as a criterion for the quality of wheat gluten] // Grain Economy of Russia. 2021. No. 2 (74). Pp. 69–74. (In Russian.)
6. Mal'chikov P. N., Shabolkina E. N., Myasnikova M. G., Sidorenko V. S. Adekvatnost' otsenki kachestva kleykoviny tverдой pshenitsy v sootvetstvii s parametrami reglamentirovannykh GOSTom [Adequacy of assessment of the quality of gluten of durum wheat in accordance with the parameters regulated by GOST] // Cereals and leguminous crops. 2019. No. 2 (30). Pp. 118–124. (In Russian.)
7. Bresciani A., Pagani M. A., Marti A. Pasta-Making Process: A Narrative Review on the Relation between Process Variables and Pasta Quality [e-resource] // Foods. 2022. No. 11. Article number 256. DOI: 10.3390/foods11030256. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e39c/c5f0ddbe65d01491c344820b812e650dc513.pdf> (date of reference: 26.04.2022).
8. Shevchenko S. M., Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G., Natoli V., de Vita P., Giuliani M. Geneticheskie metody uluchsheniya kachestva pshenitsy tverdykh sortov, adaptirovannykh k klimaticheskim usloviyam Rossi s osobym aktsentom na kommercheskie kharakteristiki zerna [Genetic methods to improve the quality of durum wheat adapted to the climatic conditions of Russia, with special emphasis on the commercial characteristics of grain] // Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. No. 2 (2). Pp. 220–230. (In Russian.)
9. Boyko V. D., Kurdyukova T. A., Cheremisina S. P., Timoshkina Yu. S., Kozhevnikova L. M. Rekomendatsii po vozdeleyvaniyu sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya v Omskoy oblasti za 2021 god [Recommendations for the cultivation of crop varieties and the results of varietal testing in the Omsk region for 2021]. Omsk: IP Sheludivchenko A. V., 2021. 72 p. (In Russian.)
10. Goncharov S. V., Kurashov M. Yu. Perspektivy razvitiya rossiyskogo rynka tverдой pshenitsy [Prospects for the development of the Russian durum wheat market] // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2018. No. 2. Pp. 66–75. (In Russian.)
11. Popov V. G., Khayrullina N. G., Sadykova Kh. N. Tendentsii ispolzovaniya bezglyutenovykh vidov muki v proizvodstve produktov funktsionalnogo naznacheniya [Trends in the use of gluten-free types of flour in the production of functional products] // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2021. Vol. 83. No. 1. Pp. 121–128. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-121-128. (In Russian.)
12. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Morgunov A. I., Zelenskiy Yu. I. Zasukhoustoychivyy genofond tverдой yarovoy pshenitsy, identifikirovanny v mnogoletnikh ispytaniyakh pitomnikov kazakhstansko-sibirskoy selektsii pshenitsy [Drought-resistant gene pool of durum spring wheat, identified in long-term tests of nurseries of Kazakh-Siberian wheat selection] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. No. 21 (5). Pp. 515–522. DOI 10.18699/VJ17.23-o. (In Russian.)
13. Yusov V. S., Kiryakova M. N., Evdokimov M. G. Iskhodnyy material v selektsii yarovoy tverдой pshenitsy dlya usloviy Zapadnoy Sibiri [Source material in the selection of spring durum wheat for the conditions of

Western Siberia] // Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2021. No. 2. Pp. 82–90. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-82-90. (In Russian.)

14. Yusov V. S., Evdokimov M. G., Kiryakova M. N., Glushakov D. A. Ispol'zovaniye genofonda sortov i liniy CIMMYT v selektsii yarovoy tverдой pshenitsy v Zapadnoy Sibiri [Using the gene pool of CIMMYT cultivars and lines in spring durum wheat breeding in Western Siberia] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. No. 183 (1). Pp. 95–103. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-95-103. (In Russian.)

15. Sorta sel'skokhozyaystvennykh kul'tur selektsii FGBNU "Omskiy ANT": katalog [Varieties of agricultural crops of selection of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agricultural Scientific Center": catalog] [e-resource]. Omsk: Omsk ANT, 2021. 144 p. URL: <http://anc55.ru/wp-content/uploads/2021/12/kniga-sorta-2021-okonch-var-2.pdf> (date of reference: 26.04.2022). (In Russian.)

16. Don C., Lookhart G., Naeem H., MacRitchie F., Hamer R. J. Heat stress and genotype affect the glutenin particles of the glutenin macropolymer-gel fraction // Journal of Cereal Science. 2005. No. 42. Pp. 69–80. DOI: 10.1016/j.jcs.2005.01.005.

17. Rozova M. A., Ziborov A. I., Egiazaryan E. E. Izmeneniye urozhaynosti i parametrov kachestva sorta yarovoy tverдой pshenitsy Kharkovskaya 46 pod vliyaniem ekologicheskikh faktorov [Change in yield and quality parameters of spring durum wheat variety Kharkovskaya 46 under the influence of environmental factors] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2017. No. 178 (3). Pp. 59–66. DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-59-66. (In Russian.)

18. Sandakova G. N. Vliyaniye klimaticheskikh faktorov na kachestvo zerna razlichnykh sortov yarovoy tverдой pshenitsy v prirodnykh zonakh sortovogo rayonirovaniya Orenburgskoy oblasti [Influence of climatic factors on the quality of grains of various varieties of spring durum wheat in natural zones of varietal zoning of the Orenburg region] // Izvestia Orenburg State Agrarian University 2018. No. 4 (72). Pp. 58–62. (In Russian.)

19. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Pakhotina I. V. Zavisimost' urozhaynosti i kachestva zerna tverдой yarovoy pshenitsy ot meteorologicheskikh faktorov v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Dependence of yield and quality of durum spring wheat grain on meteorological factors in the southern forest-steppe of Western Siberia] // Grain farming in Russia. 2020. No. 5 (71). Pp. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31. (In Russian.)

20. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Meshkova L. V., Pakhotina I. V. Strategiya selektsii tverдой yarovoy pshenitsy v Zapadnoy Sibiri [Strategy of selection of durum spring wheat in Western Siberia] [e-resource] // Actual directions of development of agrarian science: collection of scientific articles dedicated to the 50th anniversary of the selection center of the Omsk ANC. Omsk, 2020. Pp. 78–94. URL: http://anc55.ru/wp-content/uploads/2020/09/sbornik-avgust_compressed.pdf (date of reference: 26.04.2022). (In Russian.)

21. Hannachi A., Fellahi Z., Rabti A., Guendouz A., Bouzerzour H. Combining ability and gene action estimates for some yield attributes in durum wheat. (*Triticum turgidum* L. var. durum) // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. No. 9 (3). Pp. 1519–1534. DOI: 10.4314/jfas.v9i3.17.

22. Tiwari R., Marker S., Meghawal D. Combining ability estimates for spike characters in F1 hybrids developed through diallel crosses among macaroni wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2017. No. 6 (2). Pp. 237–241.

23. Sadeghzadeh-Ahari D., Sharifi P., Karimizadeh R., Mohammadi M. Estimation of genetic parameters of yield and yield components in rainfed durum wheat through diallel cross // Journal of Crop Breeding. 2018. No. 10 (25). Pp. 176–184. DOI: 10.29252/jcb.10.25.176.

24. Bajaniya N., Pansuriya A., Vekaria M., Singh C., Savaliya J. Combining ability analysis for grain yield and its components in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // Indian Journal of Pure and Applied Biosciences. 2019. Vol. 7 Iss. 4. Pp. 217–224. DOI: 10.18782/2320-7051.7664.

25. Gaponov S. N., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Tsetva I. S., Milovanov I. V., Burmistrov N. A. Novyy sort yarovoy tverдой pshenitsy Pamyati Vasil'chuka [New variety of spring durum wheat in Memory of Vasilchuk] // Agrarian Herald of the South-East. 2020. No. 2 (25). Pp. 4–5. (In Russian.)

Authors' information:

Vadim S. Yusov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of a laboratory,

ORCID 0000-0002-4159-3872, AuthorID 238280; +7 913 638-92-23, yusov@anc55.ru

Mikhail G. Evdokimov¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0001-9919-2329,

AuthorID 503014; +7 (381) 277-69-51, misha-emg@rambler.ru

Anna L. Shpigel¹, leading specialist, ORCID 0000-0002-9254-7091, AuthorID 1114962; +7 (381) 277-69-51, shpigel@anc55.ru

¹Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

От зерна к продуктам его переработки: экспортный потенциал и перспективы

Л. Г. Ахметшина¹✉

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

✉ E-mail: lgahmetshina@fa.ru

Аннотация. Целью исследования является оценка существующих тенденций экспортных поставок зерна и продуктов его переработки, выявление возможностей и условий наращивания экспортного потенциала продукции с высокой добавленной стоимостью. Основными методами исследования выступили экономико-статистический, табличный, графический, сравнительный с последующим обобщением данных. Информационная база включала материалы Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, Федеральной таможенной службы России, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, а также аналитические доклады и отчеты в области международной торговли зерновыми культурами и действующие нормативно-правовые акты. **Научная новизна** исследования заключается в обосновании целесообразности и разработке рекомендаций по увеличению объемов производства продуктов переработки зерна, замещению импортных поставок и расширению экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью на мировой рынок в условиях усиления экономических санкций. **Результаты** состоят в следующем: проанализировано место России на мировом рынке по объемам валовых сборов и экспорта зерновых культур, пшеницы как сырья для производства конечных продуктов; оценены перспективы страны по экспорту зерна с учетом нестабильности геополитического и торгово-экономического сотрудничества; рассмотрены объемы и структура потребления зерна в России, исследована динамика производства и экспортно-импортных операций по продуктам переработки зерна; выявлены сдерживающие факторы в расширении экспортного потенциала продуктов переработки зерна, упущенная выгода от экспорта сырья, а не готовой продукции; предложены рекомендации по приоритетным направлениям, способствующим росту объемов экспортно-ориентированных продуктов переработки зерна, в том числе глубокой. Высокий уровень самообеспеченности сырьем, низкая загрузка производственных мощностей пищевой и перерабатывающей промышленности, соотношение экспортных, импортных и внутренних цен на продукты переработки зерна свидетельствуют о существующих возможностях перенаправления части переходящих запасов и экспортных объемов зерна на переработку, импортозамещение и дальнейший экспорт.

Ключевые слова: зерновые культуры; продукты переработки зерна; мировой и внутренний рынки, производство, экспорт; импорт, цены, государственное регулирование.

Для цитирования: Ахметшина Л. Г. От зерна к продуктам его переработки: экспортный потенциал и перспективы // Аграрный вестник Урала. № 09 (224). С. 71–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-71-86.

Дата поступления статьи: 05.07.2022, **дата рецензирования:** 15.07.2022, **дата принятия:** 27.07.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Обеспеченность зерном составляет основу продовольственной безопасности страны. Продукты переработки зерна выступают одним из основных продуктов питания населения всего земного шара, с учетом роста его численности спрос на зерновые культуры и далее будет возрастать. Но при этом объемы производства зерна зависят от большого количества факторов: размеров посевных площадей, урожайности, климатических условий. На предложение зерна на мировом рынке, в свою очередь,

влияют объемы внутреннего потребления в стране, цены, государственное регулирование, организация логистики и др.

Россия выступает крупнейшим экспортером зерна в мире. При наращивании объемов экспорта зерновые культуры, прежде всего пшеница, приобретают все большую значимость в балансе внешней торговли страны. Но при этом сохраняется высокий уровень импорта в страну продуктов переработки зерна, что приводит к зависимости смежных отраслей от импортных поставок. К тому же экс-

порт зерна вместо продуктов переработки наносит ущерб в виде недополученных экспортной выручки и налоговых поступлений. Данные обстоятельства обуславливают актуальность проведенного исследования возможностей наращивания объемов внутреннего производства продуктов переработки зерна и экспортных поставок на мировой рынок конкурентоспособной продукции с высокой добавленной стоимостью.

Методология и методы исследования (Methods)

Результаты исследования базируются на данных Росстата, ФТС России, Минсельхоза России, Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, аналитических докладов и отчетов. Методологической основой послужили труды ученых, а также нормативно-правовые акты, регулирующие сферы производства, внешней торговли зерновыми культурами и продуктами переработки зерна. Исследование охватывает период 2000–2021 гг. В качестве методов исследования были применены изучение различных источников информации с последующим обобщением данных, экономико-статистический и сравнительный методы.

Результаты (Results)

В 2018–2020 гг. мировое производство зерна в среднем составило 2,7 млрд т, в том числе пшени-

цы 756 млн т. Россия занимает 5-е место в мире по производству зерновых культур (118,9 млн т, или 4 %) после Китая, США, ЕС, Индии, 4-е место по производству пшеницы (77,5 млн т, или 10 %) после ЕС, Китая, Индии. При этом Россия интенсивно наращивает свой экспортный потенциал: 4-е место в мире по экспорту зерновых культур (45,4 млн т, или 10 %) после США, Украины, Аргентины и 1-е место в мире по экспорту пшеницы (36 млн т, или 20 %) (рис. 1).

В 2021 г. объем экспорта злаков из России составил 42,9 млн т, или 11,4 млрд долл. США, из них пшеница и меслин – 27,4 млн т, или 7,3 млрд долл. США. (рис. 2). В 2010–2021 гг. объемы экспорта зерновых культур увеличились в 3,1 раза, в том числе пшеницы и меслина – в 2,3 раза, экспортная выручка возросла соответственно в 4,7 и 3,5 раза. Максимальные значения по экспорту злаков в натуральном выражении наблюдались в 2018 г.

При этом цены на пшеницу как внутри страны, так и на мировом рынке постоянно растут. В 2020 г. цены производителей и экспортные цены на пшеницу и меслин превысили цены 2010 г. в 3,2 и 2,9 раза соответственно (рис. 3).

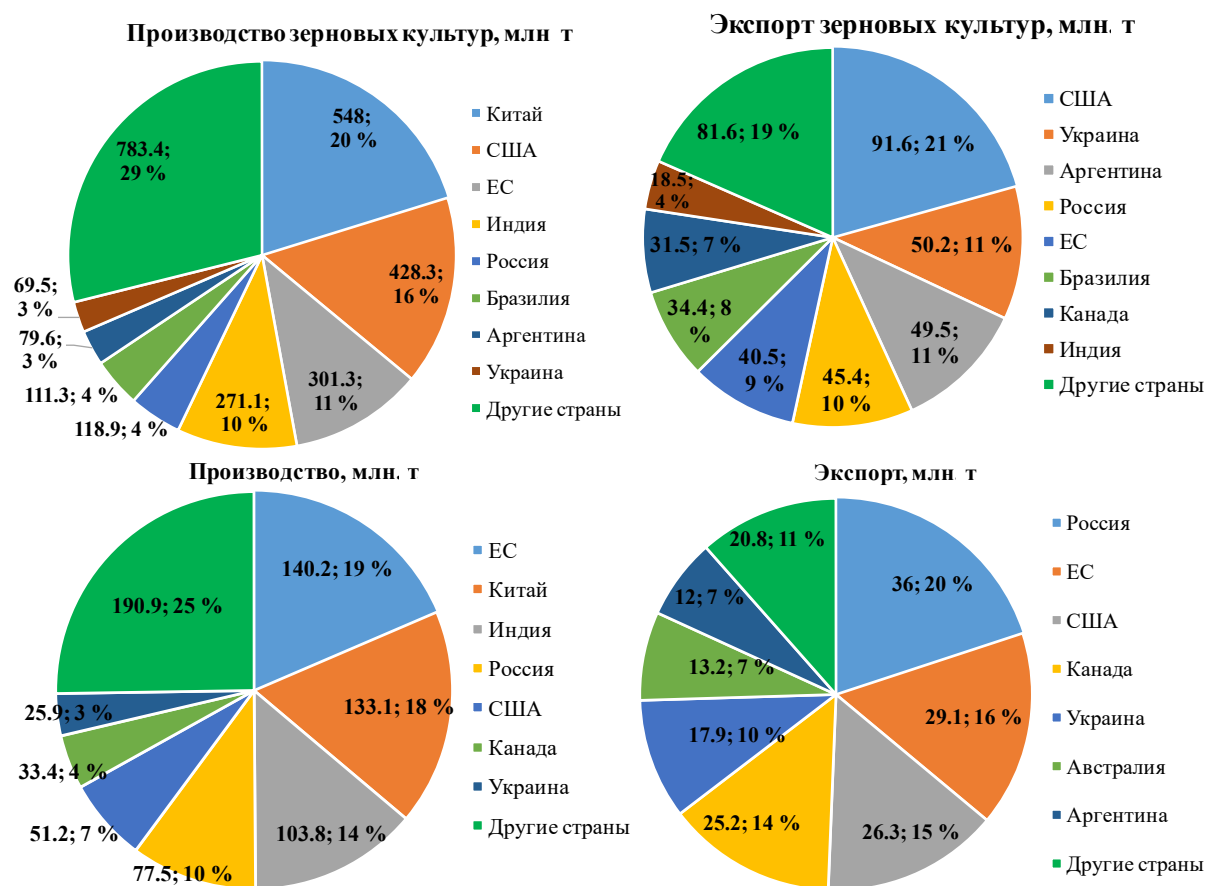


Рис. 1. Статистика зерновых культур и пшеницы в мире в 2018–2020 гг.
Источник: составлено автором на основе данных [1]

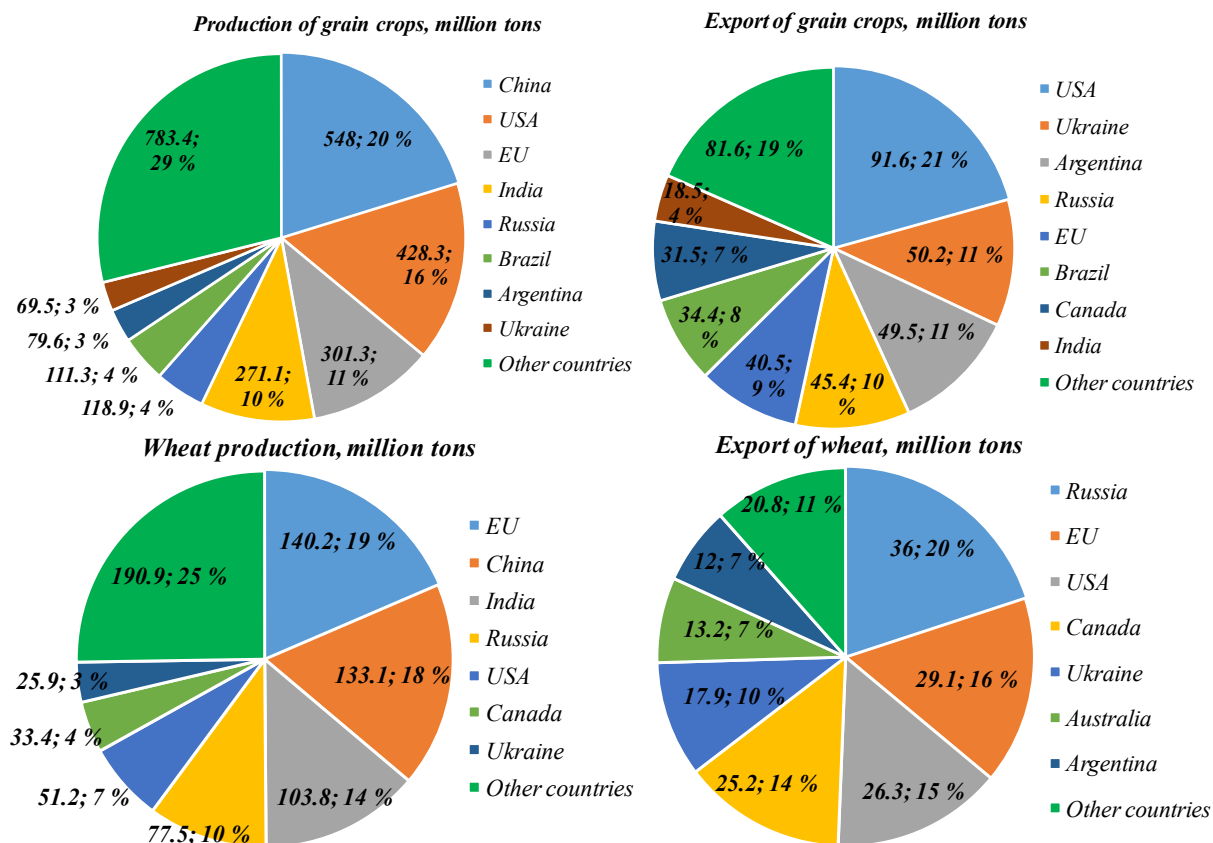


Fig. 1. Statistics of grain crops and wheat in the world in 2018–2020.
Source: compiled by the author based on data from [1]

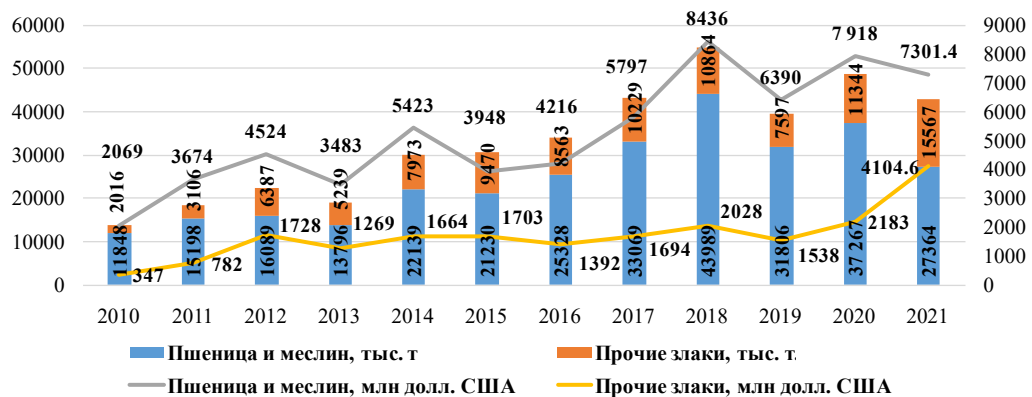


Рис. 2. Динамика экспорта злаков в 2010–2021 гг.
Источник: составлено автором на основе данных [2; 3]

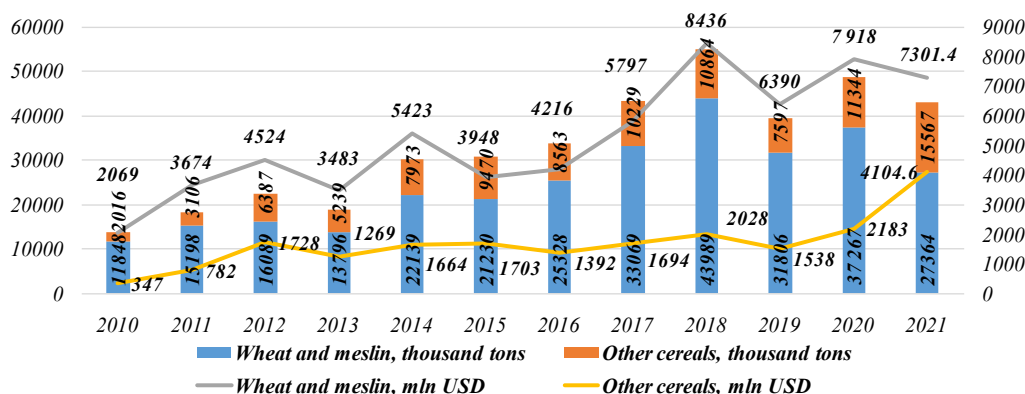


Fig. 2. Dynamics of cereal exports in 2010–2021.
Source: compiled by the author based on data from [2; 3]



Рис. 3 Динамика экспортных цен и цен производителей пшеницы в 2010–2021 гг.

* В пересчете по средневзвешенному курсу. Источник: составлено автором на основе данных [2]

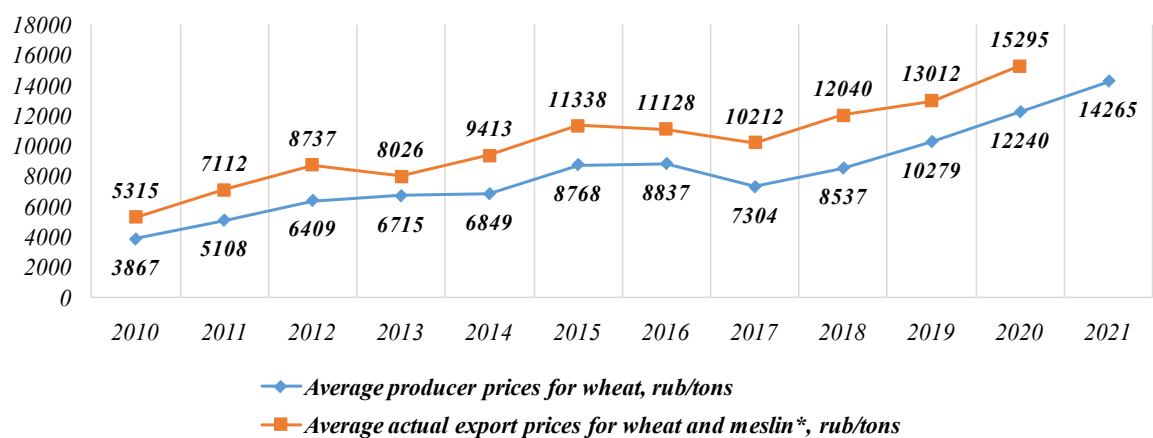


Fig. 3. Dynamics of export prices and producer prices of wheat in 2010–2021.

* In terms of the weighted average exchange rate. Source: compiled by the author based on data [2]

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. расширилась география экспорта зерновых культур: в 2020 г. поставки осуществлялись в 113 стран, в 2021 г. – в 114, однако по сравнению с 2019 г. количество стран-импортеров зерновых культур несколько сократилось (было 117). Крупнейшие страны – импортеры зерновых культур представлены на рис. 4.

Существующие тенденции по увеличению объема экспорта злаков стали возможны благодаря наращиванию объемов производства зерновых культур, развитию внутреннего зернового рынка. Валовые сборы зерновых и зернобобовых культур, в том числе пшеницы, за последние 20 лет выросли на 85,6 % и 2,2 раза соответственно (рис. 5). Но при этом производство зерна в России отличается высокой волатильностью урожайности и валовых сборов, что влечет дополнительные риски недополучения урожая. Максимальные значения валовых сборов зерновых культур наблюдались в 2017 г. – 135,5 млн т, в том числе пшеницы 86 млн т.

Объемы производства зерна значительно превышают объемы его внутреннего потребления. Потребление зерна включает его использование на корм скоту и птице, семена, переработку на муку, крупу,

комбикорма и другие цели (рис. 6). Общий объем потребления без учета экспорта в 2021 г. составил 81 млн т, что превышает показатели 2018 г. на 5,2 %, 2010 г. – на 24,0 %, 2000 г. – на 27 %. Наибольший удельный вес в структуре потребления занимает переработка – 69,5 %, которая в 2018–2021 гг. возросла на 7,2 %, в 2021 г. по сравнению с 2010 г. – на 28,2 %, 2000 г. – на 38,7 %. Объемы зерна, используемые на фуражные и посевные цели, в последние годы практически не меняются: 12–13 млн т и 10,5–11,5 млн т соответственно.

Избыток зерна направляется на экспорт, а также формирование переходящих запасов (рис. 7). Переходящие запасы зерна в 2021 г. составили 98 % к объему потребления и 65,5 % к объему производства. Высокий уровень переходящих запасов зерна свидетельствует о возможностях дальнейшего наращивания объемов потребления внутри страны и расширения экспортного потенциала. По мировым стандартам минимальный уровень обеспечения продовольственной безопасности соответствует переходящим запасам не менее 17 % по отношению к уровню его потребления.

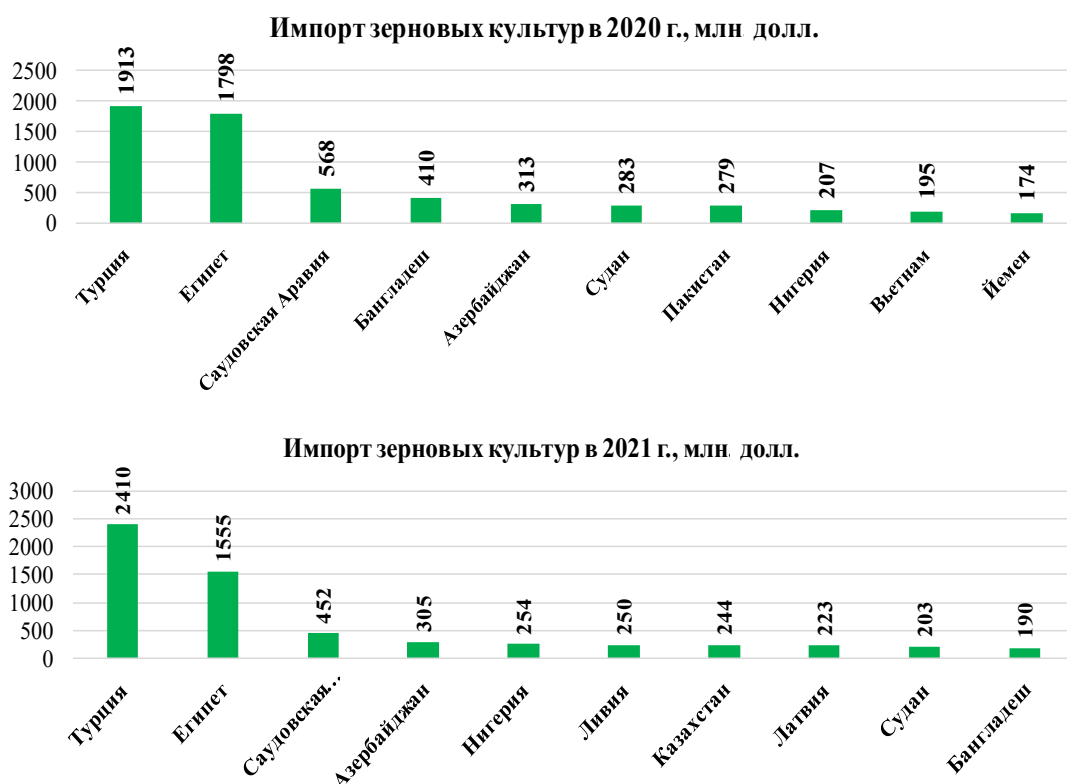


Рис. 4. Основные страны – импортеры зерновых культур из России в 2020–2021 г.
Источник: составлено автором по данным [4]

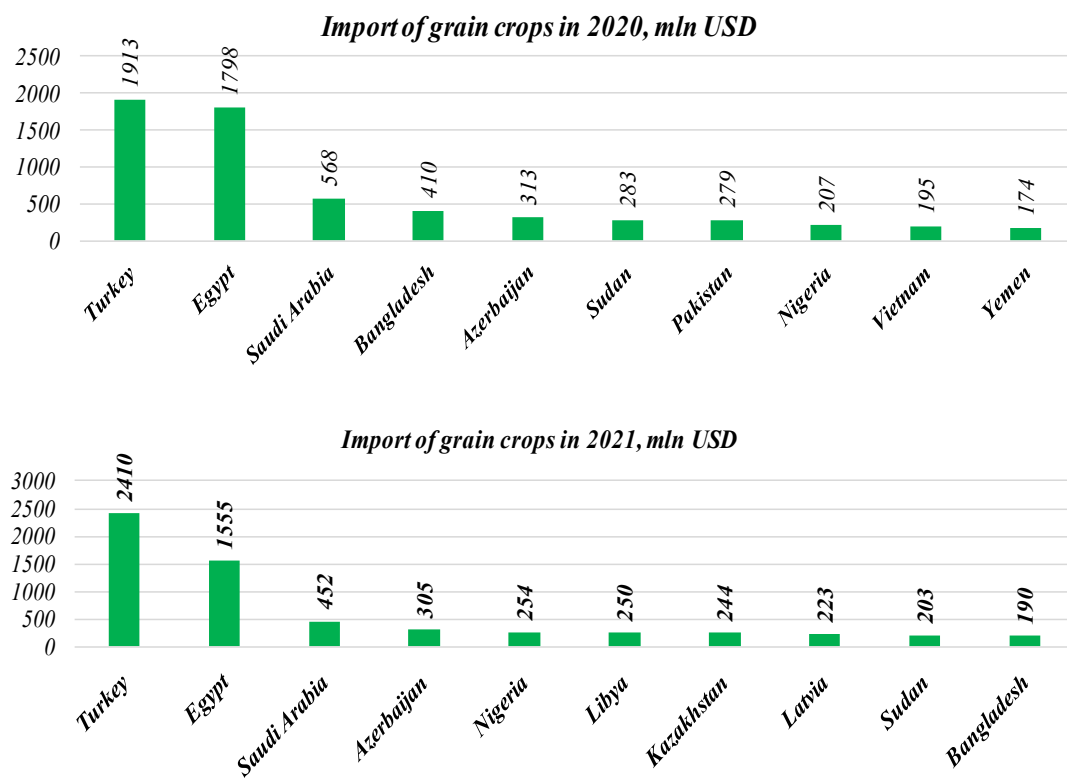


Fig. 4. The main countries importing grain crops from Russia in 2020–2021.
Source: compiled by the author according to [4]

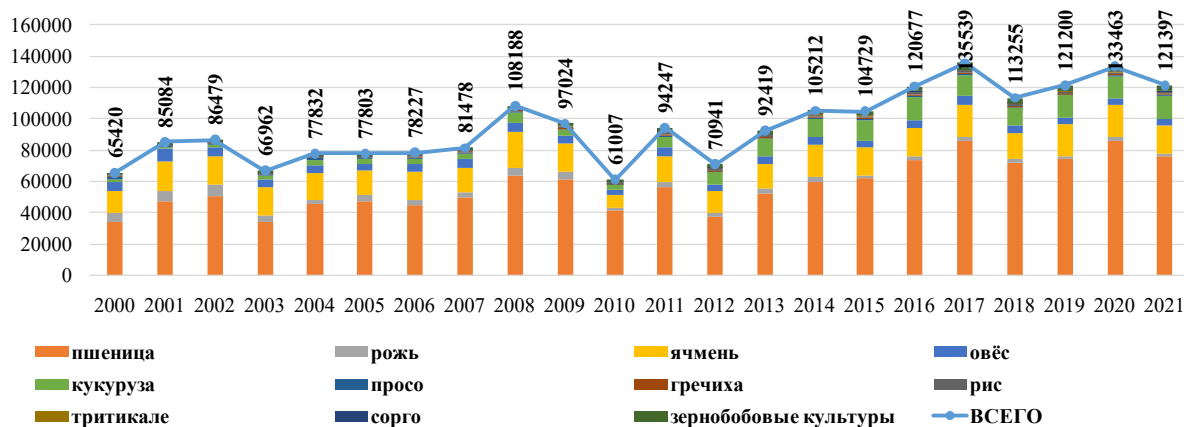


Рис. 5. Валовые сборы зерновых и зернобобовых культур в России в 2000–2021 гг., тыс. т.
Источник: составлено автором на основе данных [2]

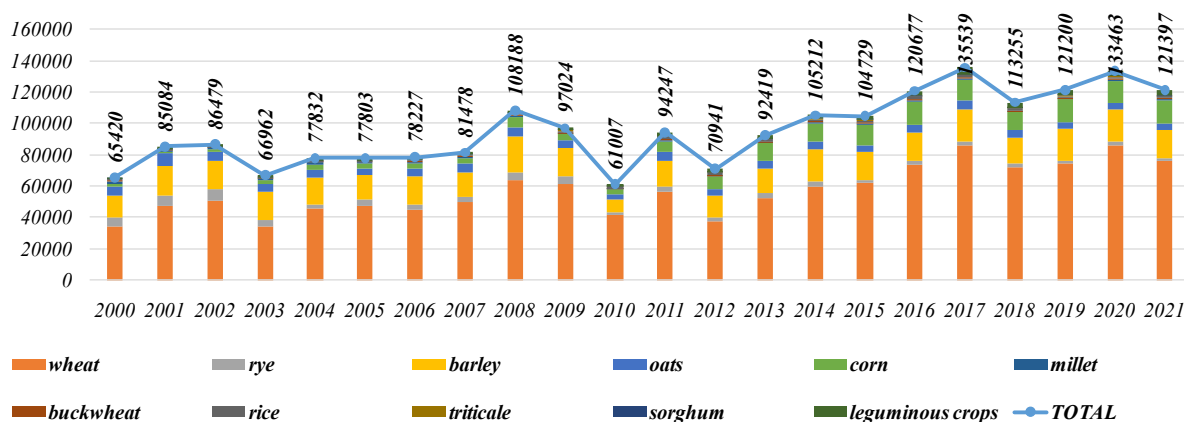


Fig. 5. Gross harvest of grain and leguminous crops in Russia in 2000–2021, thousand tons.
Source: compiled by the author based on data [2]

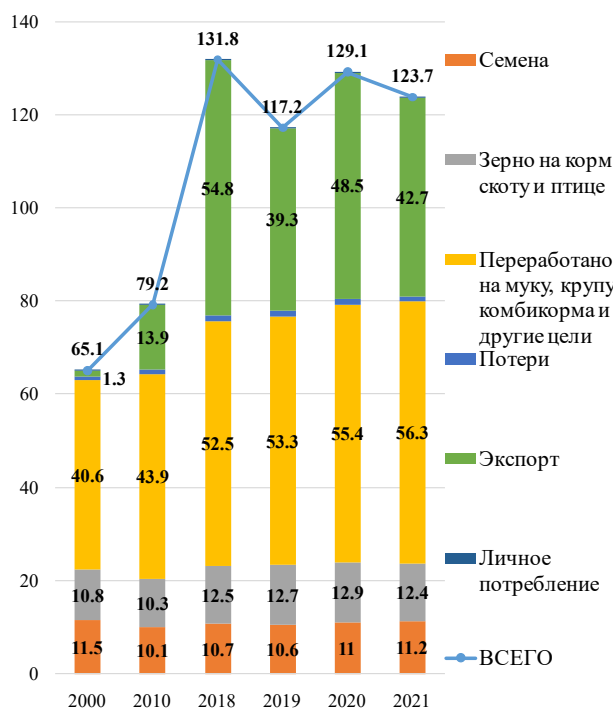


Рис. 6. Объемы и направления использования зерна в России в 2010–2020 гг., млн т.
Источник: составлено автором на основе данных [2]

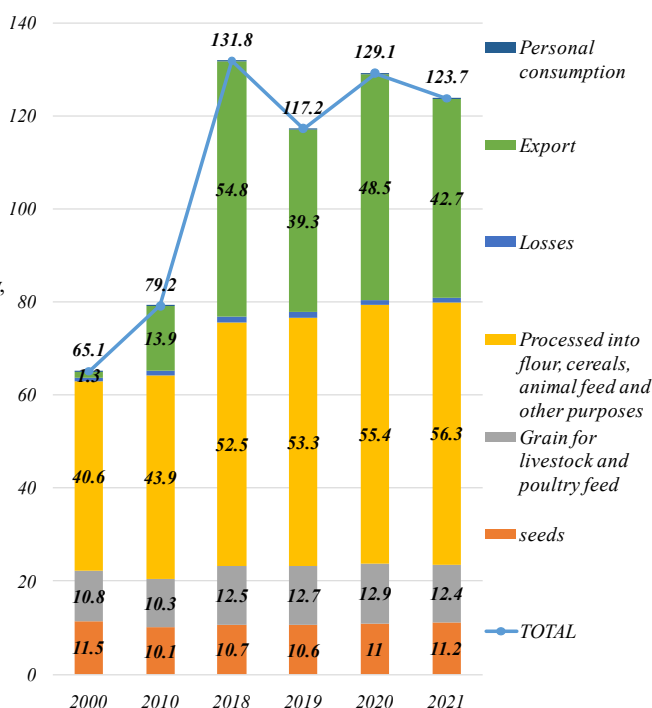


Fig. 6. Volumes and directions of grain use in Russia in 2010–2020, million tons.
Source: compiled by the author based on data [2]

Таблица 1

Динамика производства продуктов переработки зерна (2010–2020 гг.)

Показатели	Годы				Темп роста, %	
	2010	2018	2019	2020	2020 г. к 2010 г.	2020 г. к 2018 г.
Мука из зерновых культур, овощных и других растительных культур; смеси из них, млн т	9,9	9,6	9,4	9,2	92,9	95,8
Крупа и мука грубого помола из пшеницы, тыс. т	153	297	327	325	212,4	109,4
Крупа, мука грубого помола и гранулы из зерновых культур, не включенные в другие группировки, тыс. т	1126	1029	1003	979	86,9	95,1
Изделия хлебобулочные недлительного хранения, тыс. т	6816	5777	5614	5319	78,0	92,1
Хлебобулочные изделия пониженной влажности, тыс. т	231	314	321	335	145,0	106,7
Изделия макаронные и аналогичные мучные изделия, тыс. т	1063	1416	1 435	1472	138,5	104,0

Источник: составлено автором на основе данных [2].

Table 1

Dynamics of production of grain processing products (2010–2020)

Indicators	Years				Growth rate, %	
	2010	2018	2019	2020	2020 to 2010	2020 to 2018
Flour from cereals, vegetables and other plant crops; mixtures of them, million tons	9.9	9.6	9.4	9.2	92.9	95.8
Cereals and wholemeal flour from wheat, thousand tons	153	297	327	325	212.4	109.4
Cereals, wholemeal flour and granules from grain crops, not included in other groups, thousand tons	1126	1029	1003	979	86.9	95.1
Non-durable bakery products, thousand tons	6816	5777	5614	5319	78.0	92.1
Low-moisture bakery products, thousand tons	231	314	321	335	145.0	106.7
Pasta and similar flour products, thousand tons	1063	1416	1 435	1472	138.5	104.0

Source: compiled by the author based on data [2].

В дальнейшем расширение позиций России на мировом зерновом рынке будет определяться совокупным воздействием сложных организационных, экономических, технологических, инфраструктурных, природных и других внешних и внутренних факторов, способных оказать как позитивное, так и негативное влияние на основные параметры экспортных поставок [5]. В 2022 г., с одной стороны, среди стран – экспортеров зерна России более всего повезло с погодными условиями, что повлияет на валовые сборы зерна и предложение на мировом рынке, но, с другой стороны, возможности страны по экспорту зерна ограничены напряженной геополитической обстановкой и экономическим давлением со стороны развитых стран, что может спровоцировать продовольственный кризис. Учитывая данные обстоятельства, а также усиливающуюся конкуренцию на рынке зерна, экспорт зерна в течение определенного периода времени может находиться в пределах 40–45 млн т.

Таким образом, развитие зернового рынка не должно ограничиваться экспортом и внутренним потреблением, необходимо развивать производство продуктов переработки зерна, в том числе глубокой, внутри страны, заместить импортные поставки данной продукции и экспортировать не зерно как сырье для последующей переработки, а продукты

с высокой добавленной стоимостью – муку, крупу, макаронные изделия, крахмал и крахмалопродукты, биоэтанол, высококалорийные корма для птиц и животных и др. виды. Кроме того, у России есть для этого все возможности и реальные перспективы.

В 2010–2020 гг. увеличились объемы производства крупы и муки грубого помола из пшеницы, хлебобулочных изделий пониженной влажности, макаронных изделий соответственно в 2,1 раза, на 45 % и 38,5 %, по сравнению с 2018 г. – на 9,4 %, 6,7 % и 4,0 %. Вместе с тем по таким продуктам, как мука из зерновых, овощных и других растительных культур; крупа, мука грубого помола и гранулы из прочих зерновых культур; изделия хлебобулочные недлительного хранения, наблюдаются негативные тенденции. Их производство сократилось на 7,1 %, 13,1 % и 22 %, по сравнению с 2018 г. соответственно на 4,2 %, 4,8 % и 7,9 % (таблица 1).

При этом производственные мощности организаций по выпуску муки из зерновых, овощных и других растительных культур используются только на 55,6 %, а крупы и хлебобулочных изделий недлительного хранения – менее чем наполовину – 37,6 и 44,2 % в 2020 г. (рис. 8), что свидетельствует о существующих возможностях увеличения объемов производства продуктов переработки зерна при имеющейся обеспеченности сырьем.

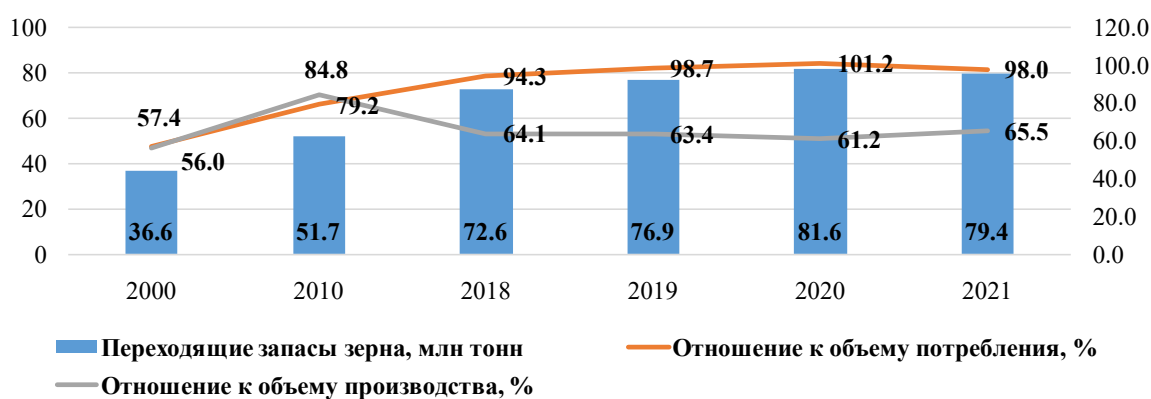


Рис. 7. Переходящие запасы зерна в 2000–2021 гг.
Источник: составлено автором на основе данных [2]

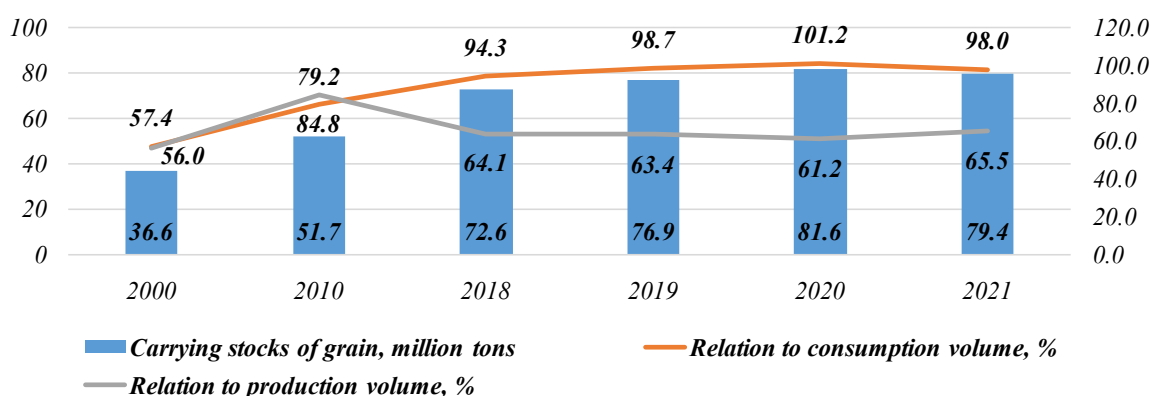


Fig. 7. Carryover stocks of grain in 2000–2021.
Source: compiled by the author based on data [2]

Потребление хлебных продуктов на душу населения превышает рекомендуемые рациональные нормы (96 кг на человека в год), в последние годы не меняется и составляет 116 кг, что на 3,3 % ниже уровня 2010 г. Уровень самообеспеченности хлебными продуктами в 2020 г. составил 120,8 %.

Динамика импорта и экспорта продуктов переработки зерна в натуральном и стоимостном выражении в 2010–2021 гг. представлена на рис. 9. Россия является нетто-экспортером муки, крупы и макаронных изделий, поскольку объемы экспорта превышают импортные поставки в 2020 г. в натуральном выражении соответственно в 6,4 раза, 6,1 раза и на 43,9 %, в стоимостном выражении – в 5,5 раза, 6,2 раза и на 2 %. Причем в 2021 г. по макаронным изделиям объемы импорта в стоимостном выражении уже превышают экспортную выручку на 10,9 %, аналогичная ситуация наблюдалась в 2018 г. Максимальные поставки на мировой рынок муки пшеничной или пшенично-ржаной и крупы были в 2019 г. 312 и 39,9 тыс. т. соответственно, макаронных изделий в 2020 г. – 117 тыс. т.

На примере макаронных изделий рассмотрим возможности импортозамещения и наращивания экспортного потенциала сопоставлением экспортных, импортных и внутренних (национальных) цен (рис. 10). Поскольку внутренние цены на про-

тяжении 2018–2020 гг. ниже импортных цен, а импортные цены, в свою очередь, выше экспортных, импорт считается необоснованным. Высокий уровень самообеспеченности хлебными продуктами позволяет осуществлять поставки на мировой рынок при экспортных ценах ниже внутренних. Макароны выступают экспортным товаром и при существующих тенденциях в росте цен имеют все возможности увеличения объемов экспорта [6].

Основными ограничивающими факторами в расширении экспортного потенциала продуктов переработки зерна являются, во-первых, сложности выхода на мировой рынок вследствие заинтересованности большинства стран-импортеров в приобретении сырья с последующей его переработкой на собственных производственных мощностях и государственной поддержкой, во-вторых, устаревшая инфраструктура, удаленность от основных портов и экспортных станций, повышенная стоимость доставки, высокий уровень изношенности основных фондов (15,4 % в 2020 г. в пищевой промышленности), в-третьих, административные барьеры в виде мер тарифного и нетарифного регулирования, сертификации, а также более низкое качество российского зерна, используемого для переработки, вместо зерна хорошего качества, экспортируемого на мировой рынок.

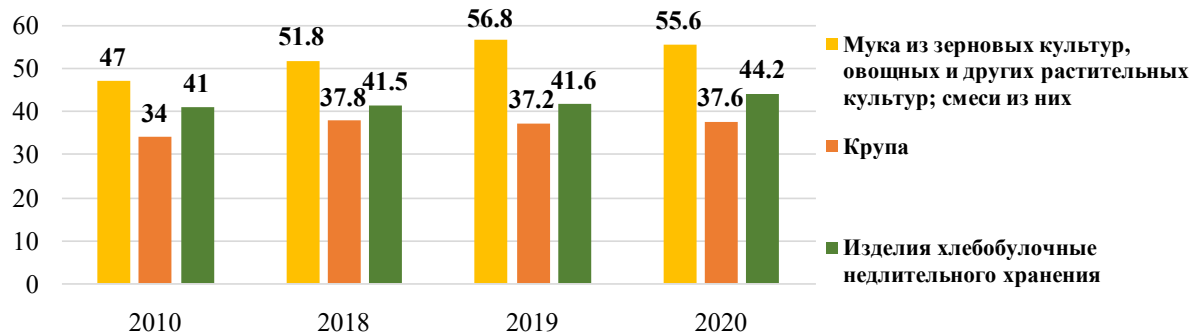


Рис. 8. Уровень использования среднегодовой производственной мощности организаций по выпуску продуктов переработки зерна в 2010–2020 гг., %.

Источник: составлено автором на основе данных [2]

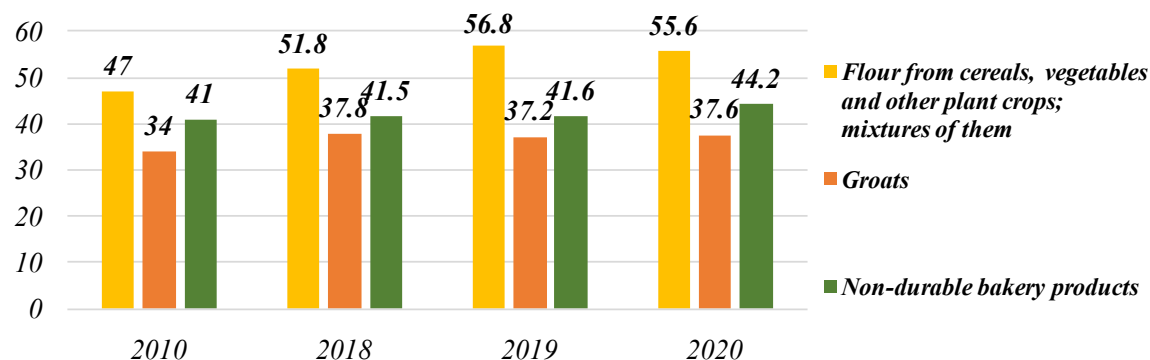
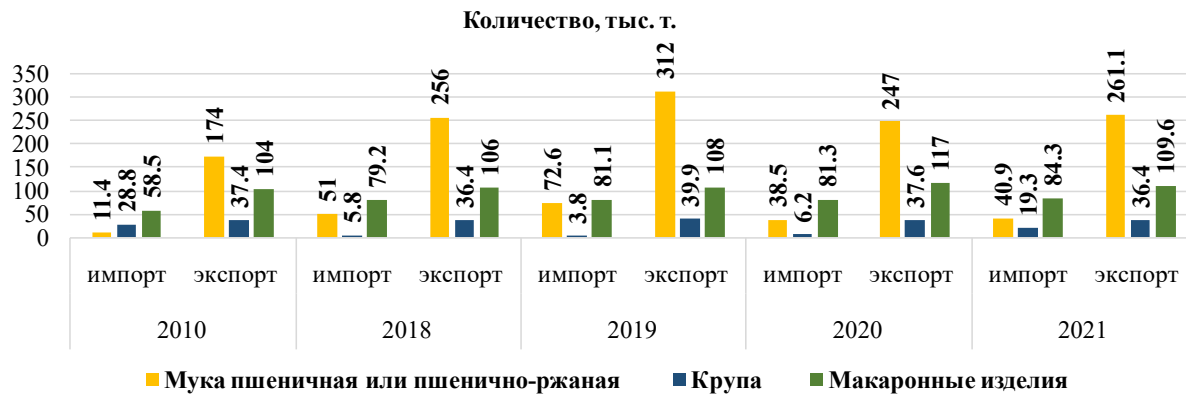
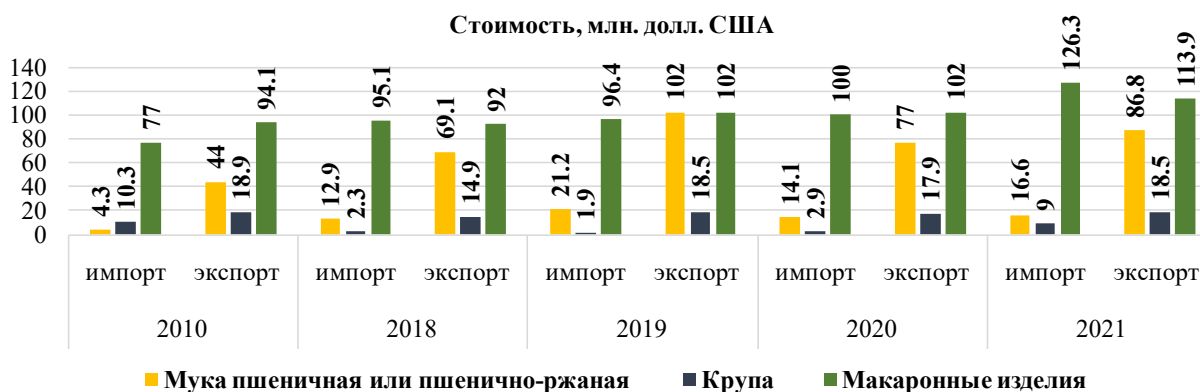


Fig. 8. The level of use of the average annual production capacity of organizations for the production of grain processing products in 2010–2020, %.

Source: compiled by the author based on data [2]



■ Мука пшеничная или пшенично-ржаная ■ Крупа ■ Макаронные изделия



■ Мука пшеничная или пшенично-ржаная ■ Крупа ■ Макаронные изделия

Рис. 9. Динамика импорта и экспорта продуктов переработки зерна в 2010–2021 гг.

Источник: составлено автором на основе данных [2]

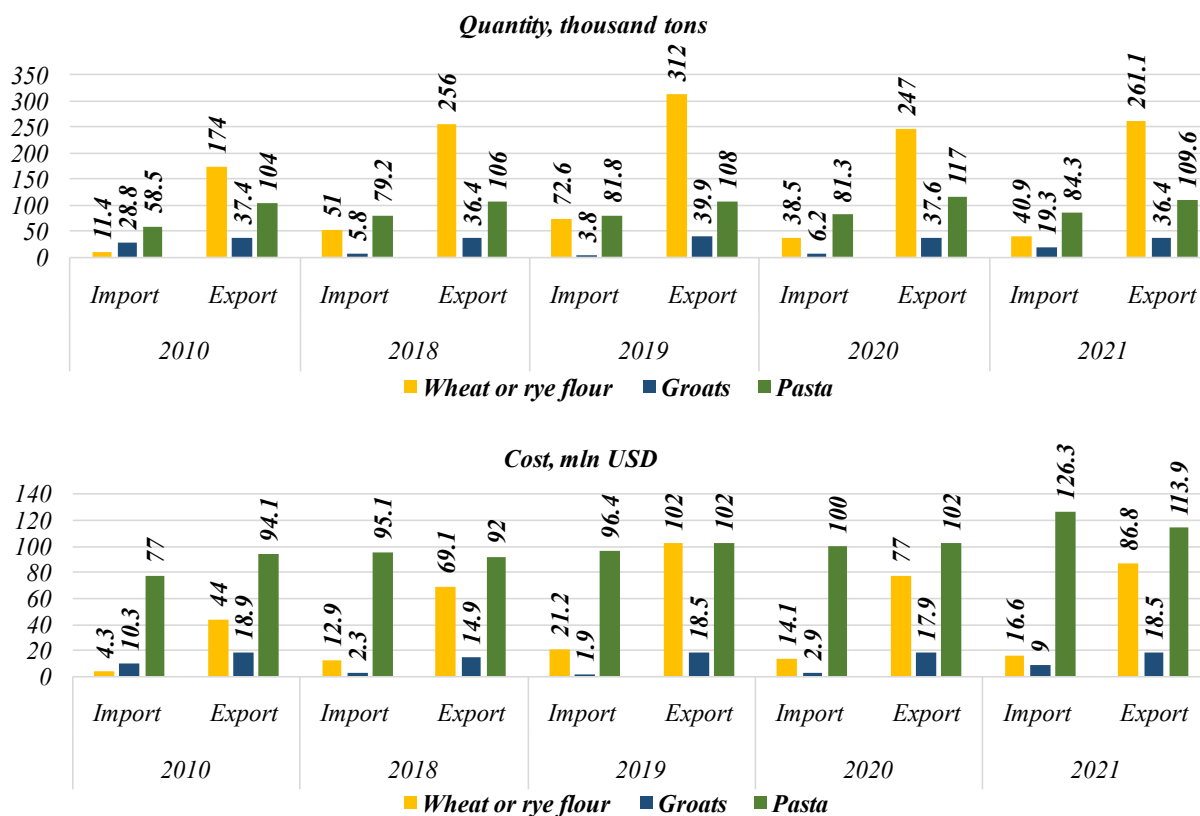


Fig. 9. Dynamics of import and export of grain processing products in 2010–2021. Source: compiled by the author based on data [2]

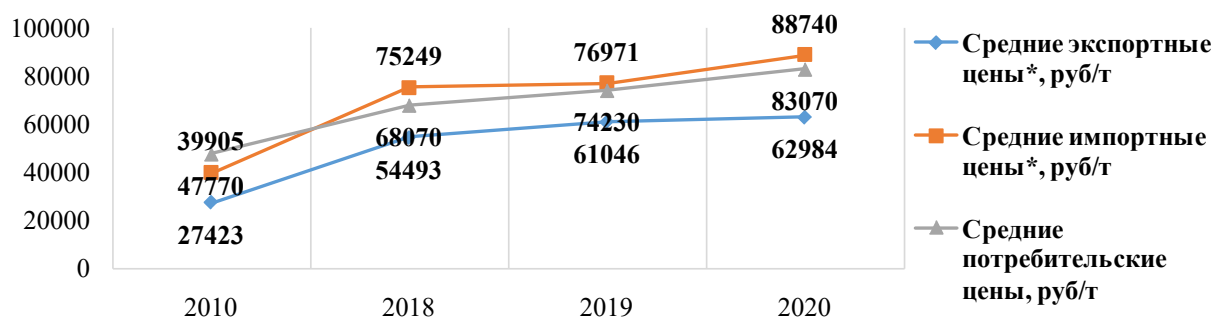


Рис. 10. Динамика экспортных, импортных и потребительских цен на макаронные изделия в 2010–2020 гг.

* В пересчете по средневзвешенному курсу.

Источник: составлено автором на основе данных [2]

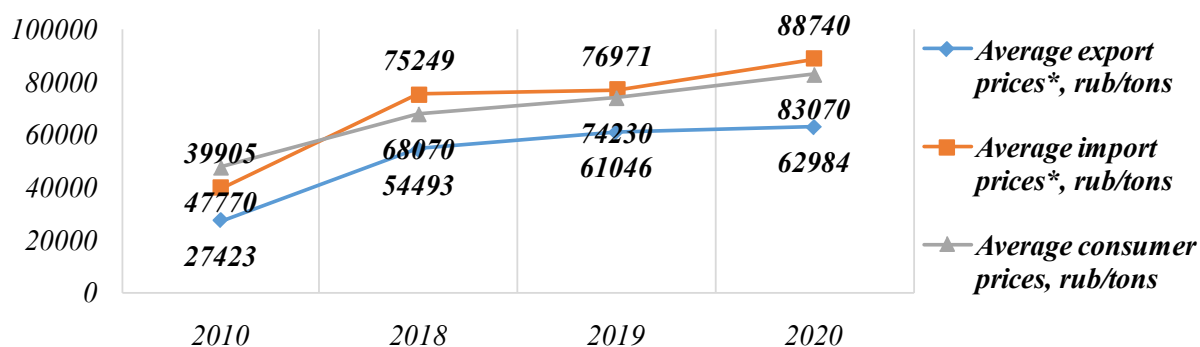


Fig. 10. Dynamics of export, import and consumer prices for pasta in 2010–2020

* In terms of the weighted average exchange rate.

Source: compiled by the author based on data [2]

Таблица 2

Динамика импорта и экспорта продуктов глубокой переработки зерна, тонн (2018–2020 гг.)

Показатели	2018		2020		Темп роста, %	
	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт
Пшеничный крахмал	4071	2017	5402	1608	132,7	79,7
Кукурузный крахмал	4548	31643	3874	23272	85,2	73,5
Модифицированный крахмал	98995	7297	95636	8153	96,6	111,7
Клейковина (глютен)	6001	34201	1526	55623	25,4	162,6
Глюкозно-фруктозные сиропы	46304	30897	27757	40592	59,9	131,4
Лизин	85144	1817	53352	811	62,7	44,6

Источник: составлено автором на основе данных [8].

Table 2

Dynamics of import and export of products of deep processing of grain, tons (2018–2020)

Indicators	2018		2020		Growth rate, %	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Wheat starch	4071	2017	5402	1608	132.7	79.7
Corn starch	4548	31643	3874	23272	85.2	73.5
Modified starch	98995	7297	95636	8153	96.6	111.7
Gluten	6001	34201	1526	55623	25.4	162.6
Glucose-fructose syrups	46304	30897	27757	40592	59.9	131.4
Lysine	85144	1817	53352	811	62.7	44.6

Source: compiled by the author based on data from [8].

Так, ранее рассмотрено, что крупнейшими импортерами зерновых культур из России являются Турция, Египет, Казахстан. В свою очередь, данные страны являются крупнейшими экспортерами муки пшеничной (рис. 11), занимая доли 20 %, 10,3 % и 3 % соответственно в 2020 г., Россия же занимает 15-е место с долей 1,6 %. Таким образом, приобретенных зерновых культур, в частности пшеницы, достаточно для производства муки пшеничной не только для покрытия внутренних потребностей рассматриваемых стран, но и экспортных поставок. Следует учитывать также дополнительный объем экспортной выручки от хлебобулочных изделий. В итоге упущенная выгода для России исчисляется сотнями млн долл. США.

Наиболее перспективным направлением для наращивания объемов внутреннего потребления зерна, увеличения объемов производства продуктов переработки зерна с последующим выходом на мировые рынки является технология глубокой переработки сырья, предполагающая его разделение на отдельные компоненты и выделение широкого перечня продуктов с высокой добавленной стоимостью – крахмалы, глютен, глюкозно-фруктозные сиропы, аминокислоты, витамины и др. Спрос и эффективность производства на данную продукцию высокие, технология безотходная.

В настоящее время Россия выступает нетто-импортером таких продуктов глубокой переработки зерна, как пшеничный крахмал, модифицированный крахмал и лизин, объемы импорта которых в 2020 г. превышают экспортные поставки соответственно в 3,4 раза, 11,7 раза и 65,8 раза. При этом,

если по модифицированному крахмалу и лизину в динамике объемы импорта сокращаются, то по пшеничному крахмалу, наоборот, рост составил 32,7 % по сравнению с 2018 г. (таблица 2). Крахмалы широко используются в пищевых и технических целях, модифицированный крахмал – в фармацевтической промышленности. Аминокислоты, в том числе лизин, выступают высокоэффективными кормовыми добавками, позволяющими повысить усвояемость кормов. Представленные данные подтверждают высокую зависимость от импортных поставок продуктов глубокой переработки зерна со стороны смежных отраслей. По глюкозно-фруктозным сиропам, применяемым в молочной, кондитерской, консервной, фармацевтической промышленности, производстве безалкогольной продукции, Россия из нетто-импортера в 2018 г. стала нетто-экспортером в 2020 г. В течение исследуемого периода на 62,6 % увеличились объемы экспорта глютена – улучшителя структуры продукции в хлебопекарной и макаронной промышленности.

Такие продукты глубокой переработки зерна, как биопластик и биоэтанол в России в промышленных масштабах не производятся и не импортируются. Лидерами на рынке биотоплива являются США, Бразилия, ЕС. Производство биоэтанола позволило бы сельскохозяйственным производителям увеличить общую рентабельность производства, значительно сократить отходы сельскохозяйственного производства, расширить рынок сбыта продукции, обеспечить гарантированную переработку зерна в случае неблагоприятной рыночной конъюнктуры [9].

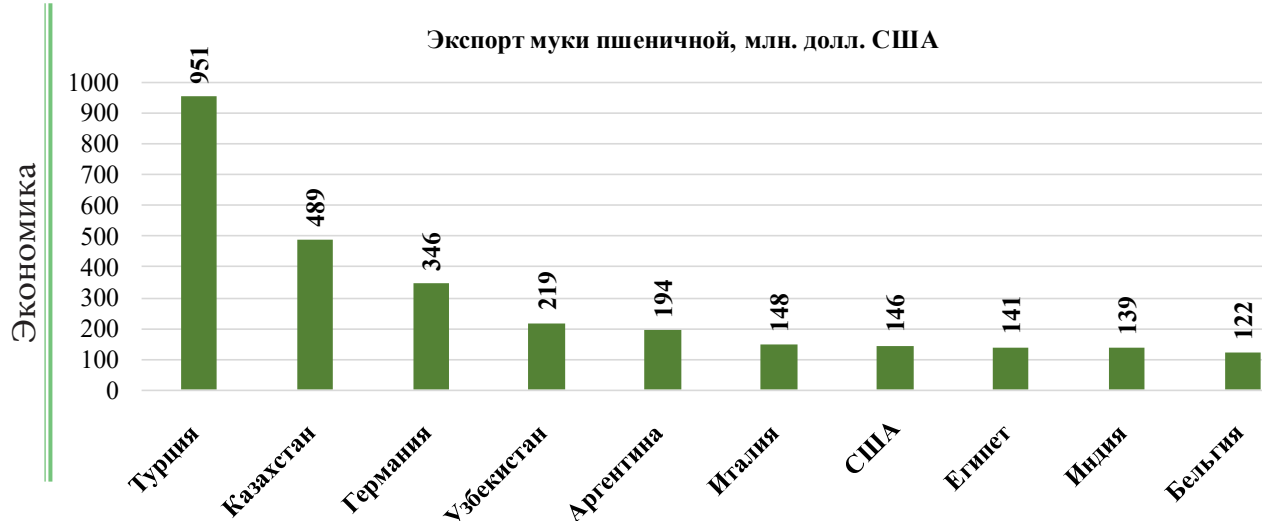


Рис. 11. Основные экспортеры муки пшеничной в мире в 2020 г.
Источник: составлено автором на основе данных [7]

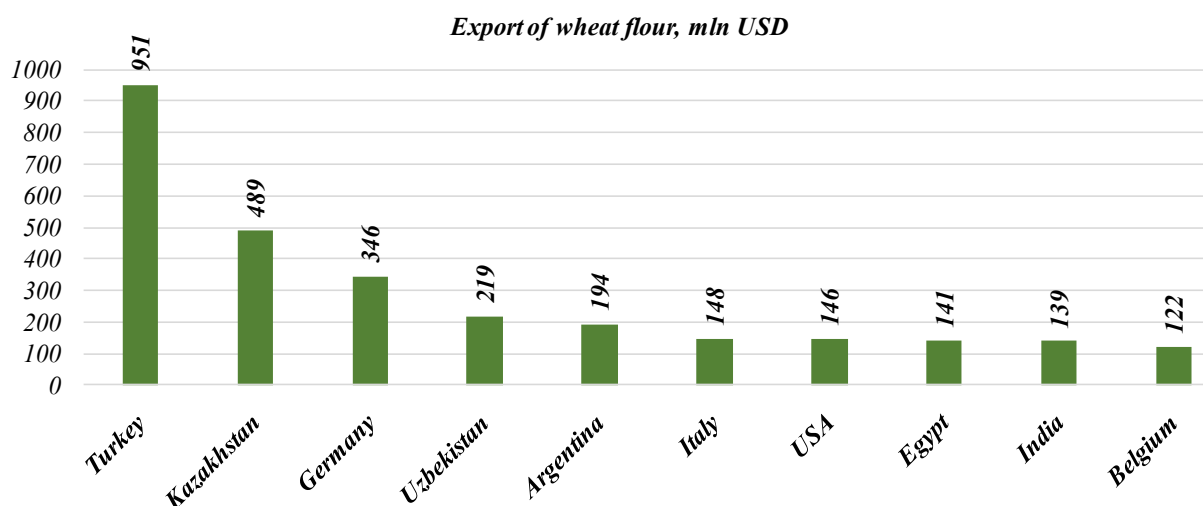


Fig. 11. The main exporters of wheat flour in the world in 2020.
Source: compiled by the author based on data [7]

Существующие тенденции экспортно-импортных операций на рынке продуктов глубокой переработки зерна связаны с высокой стоимостью их производства на территории страны, по ряду продуктов превышением спроса над внутренним предложением, что делает востребованной импортную продукцию глубокой переработки зерновых культур. Технологии глубокой переработки зерна целесообразно развивать в вертикально интегрированных объединениях, включающих все процессы – от выращивания зерновых культур до длительного хранения и транспортировки готовой продукции, в регионах с менее развитой инфраструктурой по экспорту зерновых культур, поскольку затраты на транспортировку продуктов переработки зерна будут несоизмеримо меньше ввиду их объемов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Достигнутые результаты в производстве и экспорте зерна и продуктов его переработки во многом

связаны с реализацией мер государственной поддержки в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 [10], приоритетного, далее федерального проекта «Экспорт продукции АПК» до 2024 года, утвержденных в 2016 и 2018 гг. соответственно [11], Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года, утвержденной 10 августа 2019 г. № 1796-р [12]. Особую роль для организаций-экспортеров сыграли такие механизмы государственной поддержки, как возможность получения льготных кредитов, возмещения части прямых понесенных затрат на создание и/или модернизацию объектов по переработке сельскохозяйственной продукции, предоставление компенсаций затрат на логистические расходы.

В 2019 г. создан Федеральный центр развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России. С 1 июля 2022 г. запущена Федеральная государственная информационная система «Зерно», предназначенная для автоматизации процессов сбора, обработки, хранения и анализа информации в сфере обращения зерна и продуктов переработки зерна, обеспечения прозрачности рынка зерна и продовольственной безопасности [13].

Вместе с тем страна обладает огромным потенциалом и имеет реальные перспективы увеличения объемов производства и экспорта продуктов переработки зерна, в том числе глубокой. Прежде всего, необходимо усилить государственный контроль над качеством зерна для предупреждения выпуска продукции мукомольно-крупяной, хлебобулочной промышленности с пониженными потребительскими свойствами; обеспечить обновление производственных мощностей, позволяющих снизить производственные издержки и расширить ассортимент продукции с высокой глубиной переработки и добавленной стоимостью; повысить уровень доходов населения, в результате произойдет рост потребления; расширить рынки сбыта продуктов переработки зерна [14; 15]. На государственном уровне экс-

порт продуктов переработки зерна должен рассматриваться в качестве приоритетного направления, а продвижение на зарубежные рынки должно сопровождаться устранением барьеров тарифного и нетарифного регулирования, аккредитацией российских стандартов в зарубежных разрешительных органах, установлением дипломатических отношений в сфере торговли продуктами переработки зерна. Необходимы дальнейшая модернизация логистической инфраструктуры, развитие инструментов торгового финансирования, экспортного страхования, гарантий, в гуманитарных поставках замена зерна продуктами его переработки. При этом экспортно-ориентированный рост оправдан только в случае насыщения внутреннего рынка. Экономическое давление развитых стран рано или поздно ослабнет, санкции будут сняты, в качестве источника роста и повышения конкурентоспособности продукции российских производителей следует рассматривать активизацию инновационно-инвестиционной деятельности и эффективные меры государственной поддержки для стимулирования и развития экспортного потенциала продуктов переработки зерна [16].

Библиографический список

1. Food Outlook. BIENNIAL REPORT ON GLOBAL FOOD MARKETS. June 2022 [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. URL: <https://www.fao.org/3/cb9427en/cb9427en.pdf> (дата обращения: 04.07.2022).
2. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 04.07.2022).
3. Федеральная таможенная служба [Электронный ресурс]. URL: <https://customs.gov.ru> (дата обращения: 04.07.2022).
4. Федеральный центр развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России [Электронный ресурс]. URL: <https://aemcx.ru> (дата обращения: 04.07.2022).
5. Алтухов А. И. Российский экспорт зерна: плюсы и минусы развития [Электронный ресурс] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 166–174. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskiy-eksport-zerna-plyusy-i-minusy-razvitiya?ysclid=l7f57c3fh4885269391> (дата обращения: 04.07.2022).
6. Ахметшина Л. Г. От импорта к экспорту продовольствия: итоги и перспективы // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 5 (62). С. 97–103.
7. Обзор ВЭД: Мука пшеничная. 17 мая 2022 [Электронный ресурс]. URL: https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2022/05/Обзор-ВЭД_Мука-пшеничная.pdf?ysclid=l7f5gqlyzm933445862 (дата обращения: 04.07.2022).
8. Умудов Б. М., Родионов А. В. Анализ внешнеэкономической деятельности предпринимательских структур по товарным позициям зерновых культур и продуктов их глубокой переработки // Индустриальная экономика. 2021. Т. 1. № 2. С. 86–93.
9. Экспорт продукции глубокой переработки зерновых: тренды и возможности. Market review. Апрель 2019 [Электронный ресурс]. URL: http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2019/03/Market-review_apr.19.pdf?ysclid=l6f408f8qu189731075 (дата обращения: 04.07.2022).
10. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2017–2022. URL: <https://mcx.gov.ru/activity/state-support/programs/program-2013-2020/> (дата обращения: 04.07.2022).
11. Федеральный проект «Экспорт продукции АПК» [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2017–2022. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament->

informatsionnoy-politiki-i-spetsialnykh-proektov/industry-information/info-federalnyi-proekt-eksport (дата обращения: 04.07.2022).

12. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: <https://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfdMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf> (дата обращения: 04.07.2022).

13. ФГИС «ЗЕРНО» [Электронный ресурс] // ФГБУ «Центр Агроаналитики». URL: <https://specagro.ru/fgis?ysclid=l6e8ce4i8r325727430#naznachenie-sistemy> (дата обращения: 04.07.2022).

14. Николаева М. А., Карташова Л. В. Рынок зерномучных товаров: состояние и перспективы развития // Индустрия питания. 2018. Т. 3. № 1. С. 77–85.

15. Куксин С. В. Состояние и перспективы развития рынка пшеницы России как составной части мирового рынка зерна [Электронный ресурс] // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 135–146. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-rynka-pshenitsy-rossii-kak-sostavnoy-chasti-mirovogo-rynka-zerna/viewer> (дата обращения: 04.07.2022).

16. Sergeev A., Akhmetshina L., Grabovyy K. Macroeconomic conditions for the growth of competitiveness of Russian companies [e-resource] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 110. Article number 02153. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/36/e3sconf_spbwosce2019_02153/e3sconf_spbwosce2019_02153.html (date of reference: 04.07.2022). DOI: 10.1051/e3sconf/201911002153.

Об авторе:

Лилия Габдулхаковна Ахметшина¹, кандидат экономических наук, доцент Департамента отраслевых рынков факультета экономики и бизнеса, ORCID 0000-0002-4040-5470, AuthorID 555102; +7 916 626-95-48, lgahmetshina@fa.ru

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

From grain to processed products: export potential and prospects

L. G. Akhmetshina¹✉

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

✉ E-mail: lgahmetshina@fa.ru

Abstract. The purpose of the study is to assess the current trends in export deliveries of grain and products of its processing, to identify opportunities and conditions for increasing the export potential of high value-added products. The main research methods were economic-statistical, tabular, graphical, comparative with subsequent generalization of data. The information base included materials from the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, the Federal Customs Service of Russia, the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, as well as analytical reports and reports in the field of international trade in grain crops and current regulations. The scientific novelty of the study is to substantiate the feasibility and develop recommendations for increasing the production of grain processing products, substituting import supplies and expanding the export of high value-added products to the world market in the face of increased economic sanctions. The results are as follows: the place of Russia in the world market was analyzed in terms of gross yields and exports of grain crops, wheat, as a raw material for the production of final products; assessed the country's prospects for the export of grain, taking into account the instability of geopolitical and trade and economic cooperation; the volumes and structure of grain consumption in Russia are considered, the dynamics of production and export-import operations for grain processing products are studied; deterrents were identified in expanding the export potential of grain processing products, lost profits from the export of raw materials, and not finished products; recommendations are offered on priority areas that contribute to the growth in the volume of export-oriented products of grain processing, including deep processing. The high level of self-sufficiency in raw materials, the low utilization of production capacities of the food and processing industry, the ratio of export, import and domestic prices for grain processing products indicate the existing opportunities for redirecting part of the carry-over stocks and export volumes of grain for processing, import substitution and further export.

Keywords: grain crops; grain processing products; world and domestic markets, production, export; imports, prices, government regulation.

For citation: Akhmetshina L. G. Ot zerna k produktam ego pererabotki: eksportnyy potentsial i perspektivy [From grain to its processing products: export potential and prospects] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 71–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-71-86. (In Russian.)

Date of paper submission: 05.07.2022, **date of review:** 15.07.2022, **date of acceptance:** 27.07.2022.

References

1. Food Outlook. BIENNIAL REPORT ON GLOBAL FOOD MARKETS. June 2022. [e-resource] // Prodovol'stvennaya i sel'skokhozyaystvennaya organizatsiya ob'yedinennykh natsiy [Food and Agriculture Organization] URL: <https://www.fao.org/3/cb9427en/cb9427en.pdf> (date of reference: 04.07.2022).
2. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossiyskoy Federatsii [Federal State Statistics Service of the Russian Federation] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
3. Federal'naya tamozhennaya sluzhba [Federal Customs Service] [e-resource]. URL: <https://customs.gov.ru> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
4. Federal'nyy tsentr razvitiya eksporta produktov APK Minsel'khoza Rossii [Federal center for the development of exports of agricultural products of the Ministry of Agriculture of Russia] [e-resource]. URL: <https://aemcx.ru> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
5. Altukhov A. I. Rossiyskiy eksport zerna: plyusy i minusy razvitiya [Russian grain export: pluses and minuses of development] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020. No. 5. Pp. 166–174. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskiy-eksport-zerna-plyusy-i-minusy-razvitiya?ysclid=17f57c3fh4885269391> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
6. Akhmetshina L. G. Ot importa k eksportu prodovol'stviya: itogi i perspektivy [From import to export of food: results and prospects] // Ekonomika, trud, upravleniye v sel'skom khozyaystve. 2020. No. 5 (62). Pp. 97–103. (In Russian.)
7. Obzor VED: Muka pshenichnaya. 17 maya 2022 [Review of foreign economic activity: Wheat flour. May 17, 2022] [e-resource]. URL: https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2022/05/Обзор-ВЭД_Мука-пшеничная.pdf?ysclid=17f5gqlyzm933445862 (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
8. Umudov B. M., Rodionov A. V. Analiz vneshneekonomicheskoy deyatel'nosti predprinimatel'skikh struktur po tovarnym pozitsiyam zernovykh kul'tur i produktov ikh glubokoy pererabotki [Analysis of foreign economic activity of entrepreneurial structures in terms of commodity positions of grain crops and products of their deep processing] // Industrial Economics. 2021. Vol. 1. No. 2. Pp. 86–93. (In Russian.)
9. Eksport produktov glubokoy pererabotki zernovykh: trendy i vozmozhnosti. Market review. April' 2019 [Export of products of deep processing of grain: trends and opportunities. market review. April 2019] [e-resource]. URL: http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2019/03/Market-review_apr.19.pdf?ysclid=16f408f8qu189731075 (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
10. Gosudarstvennaya programmarazvitiyasel'skogo khozyaystva i regulirovaniyarynkov sel'skokhozyaystvennoy produktov, syr'ya i prodovol'stviya [State program for the development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets] [e-resource] // Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii, 2017–2022. URL: <https://mcx.gov.ru/activity/state-support/programs/program-2013-2020/> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
11. Federal'nyy proyekt "Eksport produktov APK" [Federal project "Export of agricultural products"] [e-resource] // Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-informatsionnoy-politiki-i-spetsialnykh-proektov/industry-information/info-federalnyi-proekt-eksport> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
12. Dolgosrochnaya strategiya razvitiya zernovogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii do 2035 goda [Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2035] [e-resource]. URL: <https://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfzDMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
13. FGIS "ZERNO" [FSIS "GRAIN"] [e-resource] // FGBU «Tsentr Agroanalitiki». URL: <https://specagro.ru/cgi?ysclid=16e8ce4i8r325727430#naznachenie-sistemy> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)
14. Nikolaeva M. A., Kartashova L. V. Rynok zernomuchnykh tovarov: sostoyaniye i perspektivy razvitiya [Market of grain and flour products: state and development prospects] // Food Industry. 2018. Vol. 3. No. 1. Pp. 77–85. (In Russian.)
15. Kuksin S. V. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya rynka pshenitsy Rossii kak sostavnoy chasti mirovogo rynka zerna [Status and development prospects of the wheat market in Russia as a component of the world grain market] // Vestnik NGIEI. 2018. No. 5 (84). Pp. 135–146. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-per>

spektivy-razvitiya-rynka-pshenitsy-rossii-kak-sostavnoy-chasti-mirovogo-rynka-zerna/viewer (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)

16. Sergeev A., Akhmetshina L., Grabovyy K. Macroeconomic conditions for the growth of competitiveness of Russian companies [e-resource] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 110. Article number 02153. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/36/e3sconf_spbwosce2019_02153/e3sconf_spbwosce2019_02153.html (date of reference: 04.07.2022). DOI: 10.1051/e3sconf/201911002153.

Author's information:

Liliya G. Akhmetshina¹, candidate of economic sciences, associate professor of the Department of industrial markets, Faculty of economics and business, ORCID 0000-0002-4040-5470, AuthorID 555102; +7 916 626-95-48, lgahmetshina@fa.ru

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

Учет цифровизации в оценке организационной эффективности предприятия

И. П. Лисин¹, Г. В. Исмагилова^{2, 3}✉

¹ Уральский центр компетенций, Краснотурьинск, Россия

² Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: g.v.ismagilova@urfu.ru

Аннотация. Цель исследования – разработка и апробация методики расчета организационной эффективности предприятия с учетом его цифрового развития. **Методы.** Представлен обзор существующих методик оценки организационной эффективности, выявлены их недостатки. Разработана методика оценки организационной эффективности предприятия с учетом его цифровизации; проведена апробация методики на предприятиях АПК. **Научная новизна.** Предлагаемая методика оценки организационной эффективности предприятия позволяет рассчитать интегральный индекс организационной эффективности, учитывающий соответствие фактического соотношения роста показателей их расположению в динамическом нормативе, что позволяет дать оценку степени соответствия принимаемых решений заявляемой стратегии на уровне отдельного предприятия и создает информационно-аналитическую базу для оценки организационной эффективности предприятия в целом. **Результаты.** В соответствии с разработанной методикой предполагается ранжирование самостоятельно сформированного списка показателей согласно «золотому правилу экономики», расчет коэффициентов роста показателей за выбранный период времени, присвоение на основе этих данных фактических рангов, подсчет отклонений и инверсий рангов и расчет коэффициентов ранговой корреляции Спирмена и Кендалла с последующим их объединением в интегральном показателе организационной эффективности, способном принимать значения от 0 до 1. В качестве одного из показателей, используемых для расчетов, предлагается уровень цифровизации предприятия, метод определения которого также представлен в работе. В результате апробации методики было выявлено, что для предприятия 1 интегральный показатель организационной эффективности равен 0,80, для предприятия 2 – 0,48, для предприятия 3 – 0,27, для предприятия 4 – 0,63. Из четырех выбранных предприятий только одно обладает достаточным уровнем организационной эффективности. **Ключевые слова:** организационная эффективность, показатели организационной эффективности, индекс цифровизации, уровень цифровизации, нормативная система показателей.

Для цитирования: Лисин И. П., Исмагилова Г. В. Учет цифровизации в оценке организационной эффективности предприятия // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 87–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-87-98.

Дата поступления статьи: 30.05.2022, **дата рецензирования:** 24.06.2021, **дата принятия:** 14.07.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Вопрос расчета организационной эффективности является крайне важным для современной России, в условиях жесткой конкуренции, когда перед организациями стоит задача не просто завоевать свое место на рынке, но и сохранить его успешно и эффективно функционирующим, когда предприятиям и организациям необходимо системное и долгосрочное планирование развития.

В настоящее время существует несколько подходов к определению показателей, характеризующих организационную эффективность, а также методик ее расчета. Среди наиболее известных

можно отметить модели Е. Морина, Дж. Томпсона, К. Камерона, Е. С. Балашовой и К. К. Чупрова.

Модель Е. Морина [1] создана на основе опроса топ-менеджеров, по результатам которого была определена иерархия критериев организационной эффективности, при этом верхнюю ступень занимает качество человеческих ресурсов (мораль, производительность, развитие сотрудников), а самую нижнюю – финансовые показатели. Недостатком данной модели является крайне малое влияние на конечный результат количественно оцениваемых параметров.

Наибольшей оригинальностью из вышеперечисленных моделей отличается модель, предложенная Дж. Томпсоном [2]. Она оценивает эффективность деятельности организации с позиции соответствия технологической стратегии организационной структуре по группе показателей:

- уровень расходов, затрачиваемых на координацию;
- расходы на планирование;
- ритмичность работы управленческого аппарата;
- количество конфликтов;
- организационные особенности научно-исследовательской деятельности;
- транзакционные издержки внутри и вне организации.

Модель реализует структурный подход в оценке организационной эффективности, который по своей сути значительно отличается от модельных представлений, отраженных в методе конкурирующих критериев.

В модели Дж. Томпсона организационная эффективность определяется тем, насколько удастся добиться соответствия технологического ядра и организационной структуры предприятия. Для этого рассчитываются расходы на координацию и планирование, ритмичность работы управленческого аппарата, количество конфликтов, величина транзакционных издержек. Недостатком данной модели является необходимость сбора существенного объема информации о деятельности предприятия.

Модель факторов неэффективности К. Камерона [3] исходит из предпосылки, что главным стимулом принятия решений являются возникающие трудности функционирования предприятия (убытки, риски, неустойчивость и т. д.). Недостатки данной модели заключаются в том, что, во-первых, критерии измерения могут кардинально меняться с изменением общеэкономической ситуации, во-вторых, при оценивании критериев требуется привлечение менеджеров, которые сами по себе могут являться фактором неэффективности.

Оценка организационной эффективности бизнес-процессов, согласно методике Е. С. Балашовой [4], строится на системе ключевых показателей. В основу ранжирования бизнес-процессов в рамках этой методики положен подход бережливого производства (англ. *lean production*) [5–7], согласно которому эффективность бизнес-процессов необходимо оценивать по четырем критериям:

1) степень полноты обслуживания потребителей (внешних или внутренних). При выборе основного показателя необходимо учитывать специфику деятельности организации (скорость выполнения бизнес-процесса, содержание работ по его выполнению и т. д.);

- 2) качество бизнес-процесса;
- 3) производительность бизнес-процесса;
- 4) затраты на бизнес-процесс.

Автор выделяет следующие виды ключевых показателей:

- КРІ результата – сколько готовых к использованию товарно-материальных ценностей было произведено;
- КРІ затрат – сколько ресурсов было затрачено;
- КРІ функционирования – на сколько выполнение бизнес-процессов соответствует требуемому алгоритму его выполнения;
- КРІ производительности – соотношение полученного результата и ресурса, затраченного на его получение;
- КРІ эффективности – это производные показатели, характеризующие соотношение полученного результата к затратам ресурсов.

Недостатком данной методики является сложность сравнения во времени рассчитанных КРІ вследствие зависимости от показателей, используемых для их расчета.

К. К. Чупров [8] указывает, что система оценки эффективности управления бизнес-процессами подразделяется на следующие группы: показатели эффективности отдельных процессов; качественные показатели продукции, производимой предприятием; показатели удовлетворенности клиентов результатами деятельности предприятия; микроэкономические и финансовые показатели деятельности.

На основе пяти полученных показателей рассчитывается интегральный показатель. Плюсом данного метода оценки бизнес-процессов является то, что для оперативного отслеживания состояния текущих процессов не требуются сложные расчеты или малоформализованные качественные методы оценки. Особенность расчета показателей по данному методу состоит в том, что он возможен только при выполнении на предыдущем этапе описания текущих бизнес-процессов и их моделирования методами IDEF, DFD, ARIS или другими, так как модели, выполненные в этих стандартах, обладают необходимым для анализа эффективности по данному методу признаком – иерархической структурой вложенных друг в друга процессов.

Недостаток расчета показателей по данному методу состоит в том, что они возможны только при выполнении на предыдущем этапе описания текущих бизнес-процессов и их моделирования методами IDEF [9], DFD [10], ARIS [11] или иными.

Общим недостатком вышеперечисленных моделей является то, что в них отсутствует формализация применяемых подходов, что затрудняет их применение в различных ситуациях. В целом вышеперечисленные модели, несмотря на выделен-

ные недостатки, успешно применяются предприятиями для оценки организационной эффективности, однако для наших целей неприменимы, поскольку ни одна из них не позволяет точно учесть в расчетах влияние цифровизации на организационную эффективность. При этом западные исследователи уже в течение по меньшей мере десяти лет проводят исследования на тему влияния цифровизации предприятия на его эффективность. В связи с этим нами предлагается методика расчета организационной эффективности предприятия с учетом его цифрового развития, обладающая высокой гибкостью при выборе показателей для оценки, легкостью получения исходных данных и гарантирующая сравнимость результатов во времени.

Методология и методы исследования (Methods)

В данном исследовании для расчета организационной эффективности предприятия предложена методика расчета интегрального показателя организационной эффективности и методика определения уровня цифровизации предприятия, суть которых заключается в следующем.

Первый шаг: определяется набор ключевых показателей, отражающих степень достижения предприятием своих стратегических целей. Показатели могут быть как количественными (прибыль, выручка, величина активов, капитала и т. п.), так и качественными (удовлетворенность персонала своей работой; качество товаров и услуг; исполнение законов и нормативных актов; участие организации в развитии местного сообщества).

Второй шаг: расчет коэффициентов роста выбранных показателей. Расчет для количественных показателей выполняется на основе бухгалтерской отчетности, качественных – на основе анкетного опроса, глубинного интервью и т. д. Оценку текущего уровня цифровизации предлагается выполнять с помощью опросного листа, содержащего 45 вопросов, по три на каждый из пятнадцати аспектов, сформулированных в статье П. Н. Биленко и С. Л. Лысенко [12]. Каждый вопрос имеет пять заранее подготовленных вариантов ответа, имеющих свою балльную оценку, отражающую глубину цифровизации предмета задаваемого вопроса и оказывающую влияние на итоговый уровень цифровизации каждого из аспектов. Показатель уровня цифровизации (DI) каждого из ключевых аспектов определяется по формуле (1):

$$DI_{Aj} = \frac{\sum p_i}{n_i}, \quad (1)$$

где A – ключевой аспект предприятия;

j – порядковый номер аспекта;

DI – уровень цифровизации ключевого аспекта A с порядковым номером j ;

i – порядковый номер вопроса;

p_i – полученный балл за ответ на вопрос с порядковым номером i ;

$\sum p_i$ – сумма баллов p_i ;

n_i – количество вопросов с порядковым номером i .

Визуализация расчетов может быть представлена в виде лепестковой диаграммы, позволяющей оценить общую картину уровня цифровизации предприятия: как наиболее развитые в плане цифровизации ключевые аспекты, так и отстающие.

Исходя из значения показателя DI_{Aj} определяется уровень цифровизации каждого из ключевых аспектов современного предприятия (таблица 1).

После этого определяется уровень цифровизации предприятия в целом. Формула (2) для расчета данного показателя представлена ниже.

$$DI_E = \frac{\sum DI_{Aj}}{n_j}, \quad (2)$$

где DI_E – уровень цифровизации предприятия;

$\sum DI_{Aj}$ – сумма уровней цифровизации каждого из ключевых аспектов A с порядковым номером j ;

n_j – количество ключевых аспектов A с порядковым номером j .

Исходя из значения DI_E определяется итоговый уровень цифровизации (таблица 2).

Бессистемный уровень подразумевает применение цифровых технологических решений или системы не на регулярной основе и внепланово. Применяются общие, разработанные без опоры на лучшие практики инструменты. В организационной культуре компании имеется низкий уровень заинтересованности, понимания и уверенности в необходимости технологической модернизации.

На начальном уровне в компании существует сформированный общий подход к внедрению различных технологий. Определена результативность работы технологий с целью обеспечения эффективности работы организации. Определено четкое понимание размеров эффективности применения в своей деятельности цифровых технологий, систем и решений.

При координируемом уровне топ-менеджмент и другие уровни организационной структуры активно вовлечены в процесс внедрения цифровых технологий во все аспекты деятельности. Руководители и сотрудники владеют необходимыми компетенциями для обеспечения эффективной работы с цифровыми технологиями. Предприятие формирует и накапливает интеллектуальный капитал, лучшие практики и полученный опыт.

На эксплуатационном уровне внедрение цифровых технологий сопоставляется со стратегическими целями и задачами организации. Результаты работы цифровых технологий синхронизируются с результатами других систем и тесно интегрируются в бизнес-процессы организации. Широкий перечень цифровых технологий и систем уже внедрен в производственный процесс и другие области деятельности компании.

Таблица 1
Уровни цифровизации ключевых аспектов

Итоговое значение DI_{Aj}	Уровень цифровизации
0	Бессистемный
1	Начальный
2	Координируемый
3	Эксплуатационный
4	Оптимизированный

Table 1
Levels of digitalization of key aspects

Summary value of DI_{Aj}	Digitalization level
0	Unsystematic
1	Basic
2	Coordinated
3	Operational
4	Optimized

Таблица 2
Итоговый уровень цифровизации предприятия

Итоговое значение DI_E	Уровень цифровизации
0	Бессистемный
1	Начальный
2	Координируемый
3	Эксплуатационный
4	Оптимизированный

Table 2
The final level of digitalization of the enterprise

Summary value of DI_E	Digitalization level
0	Unsystematic
1	Basic
2	Coordinated
3	Operational
4	Optimized

На самом высоком, оптимизированном уровне организация обеспечивает тиражирование ноу-хау, лучших практик, технологических и производственных систем на новые рынки с помощью активного развития сети дочерних предприятий. Финансовые, временные, качественные и количественные результаты от внедрения и использования цифровых технологий и решений оценены и описаны компаниями.

Полученный уровень цифровизации также используется для определения позиции данного фактора в формируемом на втором шаге динамическом нормативе. При этом предлагается следующее правило: при уровне цифровизации, равном от 0 до 1, фактору цифровизации в динамическом нормативе присваивается 3-й ранг, при 2-м или 3-м уровне – 4-й ранг, при 4-м уровне – 5-й ранг. Таким образом, задается приоритет в цифровой трансформации предприятия, при несоблюдении

которого ухудшается значение показателя организационной эффективности предприятия в целом.

Третий шаг: создание динамического норматива. Динамический норматив – это ранжированный список показателей, определенных на первом шаге, между которыми установлено и зафиксировано на перспективу нормативное соотношение коэффициентов роста [13]. Устанавливать взаимосвязь показателей рекомендуется согласно «золотому правилу экономики» [14], которое определяет, что коэффициент роста прибыли должен быть больше коэффициента роста выручки, коэффициент роста выручки должен превышать коэффициент роста капитала и резервов и т. д.

Четвертый шаг: определение фактического ранга каждого показателя в соответствии с рассчитанными коэффициентами роста. Показателю с самым высоким коэффициентом присваивается первый ранг, следующему по величине второй ранг и т. д.

Пятый шаг: статистическая обработка данных. Вычисляются коэффициенты ранговой корреляции Спирмена и Кендалла [15]. Суть данного шага заключается в том, что любые два ранговых ряда отличаются двумя характеристиками:

- количеством различий рангов показателей в сравниваемых рядах (отклонений), отражающим результат изменений величины отдельных показателей ряда;

- количеством изменений порядка следования показателей по рангам в одном ряду относительно другого (инверсий), отражающим результат изменения всего набора показателей

Исходя из этих положений оценка, построенная на отклонениях (коэффициент Спирмена), характеризует объемную сторону изменения эффективности, выражающую качество деятельности. Оценка, построенная на инверсиях (коэффициент Кендалла), определяет структурную динамику конечных результатов деятельности.

Шестой шаг: расчет интегрального показателя организационной эффективности ($I_{оэ}$), измеряемого от нуля до единицы (с положительным диапазоном от 0,25 до 1,00 и отрицательным от 0,00 до 0,25) и позволяющего вывести итоговую количественную оценку эффективности предприятия. Данный индекс предлагается потому, что значения коэффициентов ранговой корреляции могут принимать как положительное, так и отрицательное

значения и по своему смыслу показывают взаимозависимость одного рангового ряда с другим по разным факторам, из-за чего интерпретировать значения коэффициентов затруднительно. Формула для расчета данного показателя имеет следующий вид (3):

$$I_{оэ} = \frac{(1 + R_c) * (1 + \tau_e)}{4} \quad (3)$$

В таблице 3 представлена градация уровня организационной эффективности в зависимости от полученного значения интегрального показателя организационной эффективности $I_{оэ}$.

По своей сути интегральный показатель организационной эффективности отражает совпадение фактического и заданного в динамическом нормативе порядка показателей и свидетельствует об уровне реализации целей предприятия. Применение интегрального показателя организационной эффективности также позволяет обеспечить сравнимость результатов деятельности предприятия во времени, а также позволяет визуализировать динамику.

Преимущества данной методики заключаются в том, что она способна учитывать влияние как количественных, так и качественных данных, а также позволяет самостоятельно формировать список показателей.

Таблица 3
Уровни организационной эффективности предприятия

Значение $I_{оэ}$	Уровень организационной эффективности	Расшифровка значения
От 0,75 до 1,00	Достаточный	Предприятие в полной мере достигает поставленных стратегических целей
От 0,50 до 0,75	Недостаточный	Поставленные предприятием стратегические цели достигаются частично. Принимаемые решения не раскрывают полный потенциал предприятия
От 0,25 до 0,50	Низкий	Поставленные предприятием стратегические цели достигаются частично. Существует значительное расхождение между установленными стратегическими целями и принимаемыми решениями
От 0 до 0,25	Очень низкий	Поставленные предприятием стратегические цели не достигаются

Table 3
Levels of organizational effectiveness of the enterprise

$I_{оэ}$ value	Level of organizational effectiveness	Meaning
From 0.75 to 1.00	Sufficient	The company fully achieves its strategic goals
From 0.50 to 0.75	Insufficient	The strategic goals set by the enterprise are partially achieved; The decisions taken do not reveal the full potential of the enterprise
From 0.25 to 0.50	Low	The strategic goals set by the enterprise are partially achieved; there is a significant discrepancy between the established strategic goals and the decisions taken
From 0 to 0.25	Very low	The strategic goals set by the enterprise are not being achieved

Таблица 4

Оценка уровня цифровизации предприятий

№ п/п	Аспект	Предприятие			
		1	2	3	4
1	Управление корпоративной информацией	3	3	3,33	3,33
2	Цифровое моделирование и оптимизация бизнес-процессов	3	2,33	3	3,66
3	Синергия цифрового и физических миров	4	2,33	3	4
4	Корпоративная инновационная система	2	2,33	3,66	3,33
5	Управление интеллектуальной собственностью	3	4	3	4
6	Цифровой реверс-инжиниринг	3,33	4	2,33	3,33
7	Аддитивное производство и быстрое прототипирование	3	3	2,66	3,33
8	Энергоэффективность и экологичность	2,66	3,33	2,33	3,66
9	Автоматизированные рабочие места и сбор данных от средств производства	3	3,33	2,33	3,66
10	Производственная система	4	2,66	3	4
11	Цифровое управление логистикой	3	4	3,66	3
12	Трансфер технологий	4	2	2	4
13	Кросс-отраслевая кооперация	3,66	4	2,33	4
14	Учебные производственные центры и партнерство с образовательными платформами	2,66	4	3	3,66
15	Эффективное управление проектами	3	3,33	2,33	2
	Итоговый уровень цифровизации	3	3	3	4

Table 4

Assessment of the level of digitalization of enterprises

No.	Aspect	Enterprise			
		1	2	3	4
1	Corporate information management	3	3	3.33	3.33
2	Digital modeling and optimization of business processes	3	2.33	3	3.66
3	Synergy of the digital and physical worlds	4	2.33	3	4
4	Corporate innovation system	2	2.33	3.66	3.33
5	Intellectual property management	3	4	3	4
6	Digital reverse engineering	3.33	4	2.33	3.33
7	Additive manufacturing and rapid prototyping	3	3	2.66	3.33
8	Energy efficiency and environmental friendliness	2.66	3.33	2.33	3.66
9	Automated workplaces and data collection from the means of production	3	3.33	2.33	3.66
10	Production system	4	2.66	3	4
11	Digital logistics management	3	4	3.66	3
12	Technology transfer	4	2	2	4
13	Cross-industry cooperation	3.66	4	2.33	4
14	Training production centers and partnerships with educational platforms	2.66	4	3	3.66
15	Effective project management	3	3.33	2.33	2
	The overall level of digitalization	3	3	3	4

Результаты (Results)

Результаты проведения анкетирования для определения уровня цифровизации четырех предприятий агропромышленного комплекса Волгоградской области представлены в таблице 4.

В соответствии с методикой итоговый уровень цифровизации предприятия определяет положение данного показателя в динамическом нормативе. На основе вышеуказанного положения и «золотого правила экономики» для первого, второго и третьего предприятий базовые соотношения выглядят следующим образом:

– коэффициент роста прибыли должен превышать коэффициент роста выручки;

– коэффициент роста выручки должен превышать коэффициент роста капитала и резервов;

– коэффициент роста капитала и резервов должен превышать коэффициент роста индекса цифровизации;

– коэффициент роста индекса цифровизации должен превышать коэффициент роста валюты баланса;

– коэффициент роста валюты баланса должен превышать коэффициент роста дебиторской задолженности;

– коэффициент роста дебиторской задолженности должен превышать коэффициент роста кредиторской задолженности.

Для четвертого предприятия базовые соотношения выглядят следующим образом:

- коэффициент роста прибыли должен превышать коэффициент роста выручки;
- коэффициент роста выручки должен превышать коэффициент роста капитала и резервов;
- коэффициент роста капитала и резервов должен превышать коэффициент роста валюты баланса;
- коэффициент роста валюты баланса должен превышать коэффициент роста индекса цифровизации;

– коэффициент роста индекса цифровизации должен превышать коэффициент роста дебиторской задолженности;

– коэффициент роста дебиторской задолженности должен превышать коэффициент роста кредиторской задолженности.

В таблицах 5–8 представлены результаты сбора исходных данных. Информация получена из публичной бухгалтерской отчетности за 2020–2021 гг.

Таблица 5
Исходные данные для предприятия 1

Факторы эффективности	Нормативный ранг	Коэффициент роста показателя	Фактический ранг
Прибыль	1	3,18	1
Выручка	2	1,26	4
Капитал и резервы	3	1,67	2
Индекс цифровизации	4	1,39	3
Валюта баланса	5	1,08	6
Дебиторская задолженность	6	1,25	5
Кредиторская задолженность	7	0,77	7

Table 5
Source data for enterprise 1

Factors of efficiency	Normative rank	The growth rate of the indicator	Actual rank
Profit	1	3.18	1
Revenue	2	1.26	4
Capital and reserves	3	1.67	2
Digitalization index	4	1.39	3
Balance sheet currency	5	1.08	6
Accounts receivable	6	1.25	5
Accounts payable	7	0.77	7

Таблица 6
Исходные данные для предприятия 2

Факторы экономической эффективности	Нормативный ранг	Коэффициент роста показателя	Фактический ранг
Прибыль	1	0,92	5
Выручка	2	0,98	4
Капитал и резервы	3	1,20	1
Индекс цифровизации	4	1,18	2
Валюта баланса	5	1,06	3
Дебиторская задолженность	6	0,90	6
Кредиторская задолженность	7	0,76	7

Table 6
Source data for enterprise 2

Factors of efficiency	Normative rank	The growth rate of the indicator	Actual rank
Profit	1	0.92	5
Revenue	2	0.98	4
Capital and reserves	3	1.20	1
Digitalization index	4	1.18	2
Balance sheet currency	5	1.06	3
Accounts receivable	6	0.90	6
Accounts payable	7	0.76	7

Таблица 7

Исходные данные для предприятия 3

Факторы экономической эффективности	Нормативный ранг	Коэффициент роста показателя	Фактический ранг
Прибыль	1	0,93	6
Выручка	2	1,24	2
Капитал и резервы	3	1,11	5
Индекс цифровизации	4	1,21	3
Валюта баланса	5	1,07	5
Дебиторская задолженность	6	1,68	1
Кредиторская задолженность	7	0,91	7

Table 7

Source data for enterprise 3

<i>Factors of efficiency</i>	<i>Normative rank</i>	<i>The growth rate of the indicator</i>	<i>Actual rank</i>
<i>Profit</i>	<i>1</i>	<i>0.93</i>	<i>6</i>
<i>Revenue</i>	<i>2</i>	<i>1.24</i>	<i>2</i>
<i>Capital and reserves</i>	<i>3</i>	<i>1.11</i>	<i>5</i>
<i>Digitalization index</i>	<i>4</i>	<i>1.21</i>	<i>3</i>
<i>Balance sheet currency</i>	<i>5</i>	<i>1.07</i>	<i>5</i>
<i>Accounts receivable</i>	<i>6</i>	<i>1.68</i>	<i>1</i>
<i>Accounts payable</i>	<i>7</i>	<i>0.91</i>	<i>7</i>

Таблица 8

Исходные данные для предприятия 4

Факторы экономической эффективности	Нормативный ранг	Коэффициент роста показателя	Фактический ранг
Прибыль	1	1,97	1
Выручка	2	1,24	5
Капитал и резервы	3	1,74	2
Валюта баланса	4	1,27	4
Индекс цифровизации	5	1,21	6
Дебиторская задолженность	6	1,55	3
Кредиторская задолженность	7	1,18	7

Table 8

Source data for enterprise 4

<i>Factors of efficiency</i>	<i>Normative rank</i>	<i>The growth rate of the indicator</i>	<i>Actual rank</i>
<i>Profit</i>	<i>1</i>	<i>1.97</i>	<i>1</i>
<i>Revenue</i>	<i>2</i>	<i>1.24</i>	<i>5</i>
<i>Capital and reserves</i>	<i>3</i>	<i>1.74</i>	<i>2</i>
<i>Balance sheet currency</i>	<i>4</i>	<i>1.27</i>	<i>4</i>
<i>Digitalization index</i>	<i>5</i>	<i>1.21</i>	<i>6</i>
<i>Accounts receivable</i>	<i>6</i>	<i>1.55</i>	<i>3</i>
<i>Accounts payable</i>	<i>7</i>	<i>1.18</i>	<i>7</i>

Результаты применения разработанной методики для расчета интегрального показателя организационной эффективности представлены в таблице 9.

Далее сотрудниками предприятия может быть разложен на составные части негативно влияющий на организационную эффективность фактор. Например, для предприятия 3 таким фактором является низкий коэффициент роста прибыли за 2020–2021 гг. Далее приведен отчет о прибылях и убытках предприятия 3 за 2020–2021 гг. (таблица 10).

Из отчета можно увидеть, что сократились на 72 % прочие доходы с одновременным ростом на 98 % прочих расходов, предприятию стоит обратить на это внимание. Добившись в 2022 г. (при прочих равных) значения коэффициента роста прибыли, превышающего остальные, предприятие уже обеспечит рост интегрального показателя организационной эффективности более чем на 0,5, что поднимет уровень организационной эффективности на достаточный уровень.

Таблица 9

Итоговый расчет показателей

Показатель	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена	Коэффициент ранговой корреляции Кендалла	Интегральный показатель организационной эффективности I_{OE}
Предприятие 1	0,86	0,71	0,80
Предприятие 2	0,43	0,33	0,48
Предприятие 3	0,02	0,05	0,27
Предприятие 4	0,64	0,52	0,63

Economy

Table 9

Final calculation of indicators

Indicator	Spearman's rank correlation coefficient	Kendall's rank correlation coefficient	Integral indicator of organizational effectiveness I_{OE}
Enterprise 1	0.86	0.71	0.80
Enterprise 2	0.43	0.33	0.48
Enterprise 3	0.02	0.05	0.27
Enterprise 4	0.64	0.52	0.63

Таблица 10

Отчет о прибылях и убытках предприятия 3

Наименование показателя	2021	2020
Выручка	1 231 869	996 104
Себестоимость продаж	-810 295	-775 559
Валовая прибыль (убыток)	421 574	220 545
Коммерческие расходы	-94 228	-77 223
Управленческие расходы	-47 296	-
Прибыль (убыток) от продаж	280 050	143 322
Проценты к получению	868	964
Проценты к уплате	-1 268	-3 799
Прочие доходы	38 288	134 072
Прочие расходы	-115 854	-58 617
Прибыль (убыток) до налогообложения	202 084	215 942
Налог на прибыль	-2 030	-830
Прочее	-	-
Чистая прибыль (убыток)	200 054	215 112

Table 10

Statement of comprehensive income for enterprise 3

Indicator	2021	2020
Revenue	1 231 869	996 104
Cost of sales	-810 295	-775 559
Gross profit	421 574	220 545
Selling and distribution expenses	-94 228	-77 223
Administrative expenses	-47 296	-
Operating profit	280 050	143 322
Finance income	868	964
Finance expenses	-1 268	-3 799
Non-operating income	38 288	134 072
Non-operating expenses	-115 854	-58 617
Profit before taxation	202 084	215 942
Profit tax expense	-2 030	-830
Other income and expense	-	-
Profit for the year	200 054	215 112

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты расчета показывают, что наибольшее значение интегрального показателя организационной эффективности среди проанализированных предприятий принадлежит предприятию 1. Относительно низкое значение индекса для предприятий 2 и 3 связано с тем, что у них в 2021 г. прибыль имеет наименьший коэффициент роста, что влияет на коэффициент ранговой корреляции Спирмена и Кендалла. Апробация методики расчета организационной эффективности показала, что одно из четырех проанализированных предприятий по итогам 2021 г. обладает достаточным

уровнем организационной эффективности. Два из четырех предприятий не выполняют установленных целей, поскольку обладают низким итоговым уровнем организационной эффективности, определенном на основе значения интегрального показателя организационной эффективности, что означает, что на предприятии были приняты управленческие, финансовые и другие решения, которые не соответствовали достижению стратегических целей. Данная информация может быть использована для дальнейшего анализа с целью выявления негативно влияющих факторов и их устранения.

Библиографический список

1. Morin E. M. Organizational effectiveness and the meaning of work // In: In Search of Meaning / T. C. Pauchant and associates (eds.). San Francisco, CA: Jossey-Bass, Inc, 2020. Pp. 29–72.
2. Thomson James D. Organizations in Action. New York: McGraw-Hill, 1967. 192 p.
3. Cameron K. S. The effectiveness of ineffectiveness // In: Research in Organizational Behavior / B. M. Staw, L. L. Cummings (eds.). Vol. 6. Greenwich, CT: JAI Press Inc., 2019. Pp. 235–285.
4. Балашова Е. С. Показатели оценки организационной эффективности бизнес-процессов [Электронный ресурс] // *π-Economy*. 2021. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-otsenki-organizatsionnoy-effektivnosti-biznes-protsessov> (дата обращения: 10.05.2022).
5. Глухов В. В., Балашова Е. С. [и др.] Организация производства и маркетинг. Вакуумная техника. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 369 с.
6. Глухов В. В., Балашова Е. С. Организация бережливого производства. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 237 с.
7. Oliver, N., Delbridge, R. and Barton, H., Lean production and manufacturing performance improvement in Japan, the US and UK 1994–2001. Cambridge: ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge [e-resource] URL: https://www.researchgate.net/publication/4800972_Lean_Production_and_Manufacturing_Performance_Improvement_in_Japan_the_US_and_UK_1994-2001 (date of reference: 23.04.2022).
8. Чупров К. К. Экспресс-метод диагностики бизнес-процессов компании [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cfin.ru/management/controlling/fsa/express.shtml> (дата обращения: 05.03.2022).
9. Тебекин А. В., Петров В. С. Использование методологии и моделирования IDEF при формировании структурно-параметрической модели реализации технологий обеспечения эффективного развития промышленных предприятий в условиях постиндустриальной экономики [Электронный ресурс] // *Транспортное дело России*. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metodologii-modelirovaniya-idef-pri-formirovanii-strukturno-parametriceskoy-modeli-realizatsii-tehnologiy> (дата обращения: 10.05.2022).
10. Калянов Г. Н. Концептуальная модель DFD-технологии [Электронный ресурс] // *Открытое образование*. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnaya-model-dfd-tehnologii> (дата обращения: 10.05.2022).
11. Шкода Д. А. Моделирование бизнес-процессов с использованием методологии ARIS [Электронный ресурс] // *The Newman in Foreign policy*. 2018. № 32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-biznes-protsessov-s-ispolzovaniem-metodologii-aris> (дата обращения: 10.05.2022).
12. Биленко П. Н., Лысенко С. Л. 15 ключевых компонентов современного производства [Электронный ресурс]. URL: <https://up-pro.ru/library/strategi/opinion/komponenty-proizvodstva/> (дата обращения: 09.04.2022).
13. Рукин Б. П., Шуршикова Г. В., Свиридова Л. В. Диагностика устойчивого развития организаций с использованием динамических нормативов и непараметрической статистики [Электронный ресурс] // *Региональная экономика: теория и практика*. 2019. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-ustoychivogo-razvitiya-organizatsiy-s-ispolzovaniem-dinamicheskikh-normativov-i-neparametriceskoy-statistiki-1> (дата обращения: 12.05.2022).
14. Сафиулин Р. Э. Комплексный подход к оценке деловой активности промышленного предприятия // *Проблемы экономики и юридической практики*. 2018. № 3. С. 317–320.
15. Гржибовский А. М. Корреляционный анализ [Электронный ресурс] // *Экология человека*. 2018. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/korrelyatsionnyy-analiz> (дата обращения: 14.05.2022).

Об авторах:

Илья Павлович Лисин¹, специалист второй категории, ORCID 0000-0002-1810-0769, AuthorID 1811; +7 912 634-57-85, lisin6310@yandex.ru

Галина Вячеславовна Исмаилова^{2,3}, кандидат экономических наук, доцент, ORCID 0000-0002-0385-8470, AuthorID 766443; +7 922 225-22-56, g.v.ismagilova@urfu.ru

¹ Уральский центр компетенций, Краснотурьинск, Россия

² Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Consideration of digitalization in the assessment of organizational effectiveness of the enterprise

I. P. Lisin¹, G. V. Ismagilova^{2, 3}✉

¹ Ural Competence Center, Krasnotur'sinsk, Russia

² Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

³ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: g.v.ismagilova@urfu.ru

Abstract. Purpose of the study is the development and testing of a methodology for calculating the organizational effectiveness of an enterprise taking into account its digital development. **Research methods.** An overview of existing methods for assessing organizational effectiveness is presented, shortcomings are identified. A methodology for assessing the organizational effectiveness of an enterprise, taking into account its digitalization, has been developed; the methodology has been tested at agro-industrial enterprises. **Scientific novelty.** The proposed methodology for assessing the organizational effectiveness of an enterprise allows to calculate an integral index of organizational effectiveness, taking into account the correspondence of the actual ratio of the growth of indicators to their location in a dynamic standard, which allows us to assess the degree of compliance of decisions made with the claimed strategy at the level of an individual enterprise and creates an information and analytical base for assessing the organizational effectiveness of the enterprise as a whole. **Results.** In accordance with the developed methodology, it is assumed to rank a self-generated list of indicators according to the "golden rule of economics", calculate the growth coefficients of indicators for a selected period of time, assign actual ranks based on these data, calculate deviations and inversions of ranks and calculate the Spearman and Kendall rank correlation coefficients, followed by their combination in an integral indicator of organizational effectiveness capable of taking values from 0 to 1. One of the indicators used for calculations is proposed to be the level of digitalization of the enterprise, the method of determining which is also presented in the work. As a result of testing the methodology, it was revealed that for enterprise 1, the integral indicator of organizational effectiveness is 0.80, for enterprise 2 – 0.48, for enterprise 3 – 0.27, for enterprise 4 – 0.63. Of the four selected enterprises, only one has a sufficient level of organizational effectiveness.

Keywords: organizational effectiveness, indicators of organizational effectiveness, digitalization index, digitalization level, normative system of indicators.

For citation: Lisin I. P., Ismagilova G. V. Uchet tsifrovizatsii v otsenke organizatsionnoy effektivnosti predpriyatiya [Consideration of digitalization in the assessment of organizational effectiveness of the enterprise] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). Pp. 87–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-87-98. (In Russian.)

Date of paper submission: 30.05.2022, **date of review:** 24.06.2022, **date of acceptance:** 14.07.2022.

References

1. Morin E. M. Organizational effectiveness and the meaning of work // In: In Search of Meaning / T. C. Pauchant and associates (eds.). San Francisco, CA: Jossey-Bass, Inc, 2020. Pp. 29–72.
2. Thomson James D. Organizations in Action. New York: McGraw-Hill, 1967. 192 p.
3. Cameron K. S. The effectiveness of ineffectiveness // In: Research in Organizational Behavior / B. M. Staw, L. L. Cummings (eds.). Vol. 6. Greenwich, CT: JAI Press Inc., 2019. Pp. 235–285.
4. Balashova E. S. Pokazateli otsenki organizatsionnoy effektivnosti biznes-protsessov [Indicators for assessing the organizational effectiveness of business processes] [e-resource] // π -Economy. 2021. No. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-otsenki-organizatsionnoy-effektivnosti-biznes-protsessov> (date of reference: 10.05.2022) (In Russian.)
5. Glukhov V. V., Balashova E. S. et al. Organizatsiya proizvodstva i marketing. Vakuumnaya tekhnika [Organization of production and marketing. Vacuum equipment]. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2017. 369 p. (In Russian.)
6. Glukhov V. V., Balashova E. S. Organizatsiya berezhlivogo proizvodstva [Organization of lean production]. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2018. 237 p (In Russian.)
7. Oliver, N., Delbridge, R. and Barton, H., Lean production and manufacturing performance improvement in Japan, the US and UK 1994–2001. Cambridge: ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge [e-

- resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/4800972_Lean_Production_and_Manufacturing_Performance_Improvement_in_Japan_the_UK_and_US_1994-2001 (date of reference: 23.04.2022).
8. Chuprov K. K. Ekspress-metod diagnostiki biznes-protsessov kompanii [Express method of diagnostics of business processes of the company] [e-resource]. URL: <http://www.cfin.ru/management/controlling/fsa/express.shtml> (date of reference: 03/05/2022). (In Russian.)
9. Tebekin A. V., Petrov V. S. Ispol'zovaniye metodologii i modelirovaniya IDEF pri formirovaniy strukturno-parametricheskoy modeli realizatsii tekhnologiy obespecheniya effektivnogo razvitiya promyshlennykh predpriyatiy v usloviyakh postindustrial'noy ekonomiki [The use of IDEF methodology and modeling in the formation of a structural-parametric model for the implementation of technologies to ensure the effective development of industrial enterprises in the post-industrial economy] [e-resource] // Transport Business in Russia. 2017. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metodolgiii-modelirovaniya-idef-pri-formirovaniy-strukturno-parametricheskoy-modeli-realizatsii-tehnologiy> (date of reference: 10.05.2022). (In Russian.)
10. Kalyanov G. N. Kontseptual'naya model' DFD-tekhnologii [Conceptual model of DFD-technology] [e-resource] // Open Education. 2017. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnaya-model-dfd-tehnologii> (date of reference: 10.05.2022). (In Russian.)
11. Shkoda D.A. Modelirovanie biznes-protsessov s ispol'zovaniem metodologii ARIS [Modeling of business processes using ARIS methodology] [e-resource] // The Newman in Foreign policy. 2018. No. 32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-biznes-protsessov-s-ispolzovaniem-metodologii-aris> (date of reference: 10.05.2022). (In Russian.)
12. Bilenko P. N., Lysenko S. L. 15 klyuchevykh komponentov sovremennogo proizvodstva [15 key components of modern production] [e-resource]. URL: <https://up-pro.ru/library/strategi/opinion/komponenty-proizvodstva> (date of reference: 09.04.2022). (In Russian.)
13. Rukin B. P., Shurshikova G. V., Sviridova L. V. Diagnostika ustoychivogo razvitiya organizatsiy s ispol'zovaniem dinamicheskikh normativov i neparametricheskoy statistiki [Diagnostics of sustainable development of organizations using dynamic standards and nonparametric statistics] [e-resource] // Regional Economics: Theory and Practice. 2019. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-ustoychivogo-razvitiya-organizatsiy-s-ispolzovaniem-dinamicheskikh-normativov-i-neparametricheskoy-statistiki-1> (date of reference: 12.05.2022). (In Russian.)
14. Safiulin R. E. Kompleksnyy podkhod k otsenke delovoy aktivnosti promyshlennogo predpriyatiya [An integrated approach to assessing the business activity of an industrial enterprise] // Economic Problems and Legal Practice. 2018. No. 3. Pp. 317–320. (In Russian.)
15. Grzhibovsky A. M. Korrelyatsionnyy analiz [Correlation analysis] [e-resource] // Human Ecology. 2018. No. 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/korrelyatsionnyy-analiz> (date of reference: 05/14/2022). (In Russian.)

Authors' information:

Ilya P. Lysin¹, specialist of the 2nd category, ORCID 0000-0002-1810-0769, AuthorID 1811; +7 912 634-57-85, Lisin6310@yandex.ru

Galina V. Ismagilova^{2, 3}, candidate of economic sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-0385-8470, AuthorID 766 443; +7 922 225-22-56, g.v.ismagilova@urfu.ru

¹Ural Competence Center, Krasnotur'insk, Russia

²Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

³Ural 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: 28.09.2022 г. Усл. печ. л. 11,3. Авт. л. 8,4.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

