
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ
Т. 15, № 4. 2023 год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Аграрный научный центр «Донской»,
член Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ).
Издается с января 2009 г.

Калинина Н. В. – главный редактор (Зерноград, Россия);
Ковтунова Н. А. – зам. главного редактора, канд. с.-х. наук (Зерноград, Россия);
Лобунская И. А. – тех. секретарь (Зерноград, Россия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Баталова Г. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (Киров, Россия);
Беспалова Л. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);
Волкова Г. В. – чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, ФГБНУ «ФНЦБЗР» (Краснодар, Россия);
Гончаренко А. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Давлетов Ф. А. – д-р с.-х. наук, Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (Уфа, Россия);
Долженко В. И. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ВИЗР» (Санкт-Петербург, Россия);
Дубина Е. В. – д-р биол. наук, проф. РАН, ФГБНУ «ФНЦ риса» (Краснодар, Россия);
Зезин Н. Н. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (Екатеринбург, Россия);
Клыков А. Г. – академик РАН, д-р биол. наук, проф. РАН, ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (Уссурийск, Россия);
Костылев П. И. – д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Лобачевский Я. П. – академик РАН, д-р техн. наук, проф. РАН (Москва, Россия);
Лукомец В. М. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФНЦ «ВНИИМК» (Краснодар, Россия);
Медведев А. М. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Пахомов В. И. – чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, доцент, ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Сандухадзе Б. И. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Сотченко В. С. – академик РАН, д-р с.-х. наук, ООО «СП ССК «Кукуруза» (Пятигорск, Россия);
Упадышев М. Т. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, проф. РАН, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» (г. Москва, Россия);
Шевченко С. Н. – академик РАН, д-р с.-х. наук, ФГБНУ «Самарский ФИЦ РАН» (Самара, Россия).

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Урбан Э. П. – член-корр. НАН Беларуси, д-р с.-х. наук, профессор,
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» (Жодино, Республика Беларусь);
Усенбеков Б. Н. – канд. биол. наук, проф., РГП «Институт биологии и биотехнологии растений»
(Алматы, Республика Казахстан);
Халил Сурек – д-р наук, Тракийский аграрный НИИ (Эдирне, Турция);
Юсупов Г. Ю. – канд. с.-х. наук, Министерство сельского хозяйства и охраны окружающей среды Туркменистана
(Ашхабад, Туркменистан).

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Регистрационный номер ПИ № ФС 77-81134 от 17 мая 2021 г.

Журнал включен в Перечень ВАК Минобрнауки России ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (группа научных специальностей 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство). Журнал входит в базу данных Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (ядро РИНЦ). Журнал входит в международную базу данных DOAJ.

Перевод на английский язык – Скуйбекина О.Н.

Адрес издательства и редакции: 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3.
E-mail: zhros.don@yandex.ru

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 25.08.2023
Дата выхода 28.08.2023. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 000
Отпечатано в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL
GRAIN ECONOMY OF RUSSIA
V. 15, № 4. 2023

The founder and publisher is Federal State Budgetary Scientific Institution "Agricultural Research Center "Donskoy",
a member of the Association of Science Editors and Publishers (ASEP)
The journal has been published since January, 2009.

Kalinina N. V. – chief editor (Zernograd, Russia);
Kovtunova N. A. – deputy chief editor, Candidate of Agricultural Sciences (Zernograd, Russia);
Lobunskaya I. A. – technical secretary (Zernograd, Russia).

EDITORIAL BOARD:

- Batalova G. A.**, Federal Agricultural Research Center of the East named N. V. Rudnitsky – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Kirov, Russia);
- Bespalova L. A.**, "P. P. Lukiyenko National Center of Grain" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
- Volkova G. V.**, All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection – Dr. Sci. (Biology), corresponding member of RAS (Krasnodar, Russia);
- Gontcharenko A. A.**, Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Odintsovo, Russia);
- Davletov F. A.**, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture) (Ufa, Russia);
- Dolzhenko V. I.**, All-Russian Research Institute of Plant Protection – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (St. Petersburg, Russia);
- Dubina E. V.**, Federal Scientific Rice Centre – Dr. Sci. (Biology), professor of RAS (Krasnodar, Russia);
- Zein N. N.**, Uralsky Research Institute of Agriculture – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS (Ekaterinburg, Russia);
- Klykov A. G.**, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika – Dr. Sci. (Biology), professor of RAS, academician of RAS (Ussuriysk, Russia);
- Kostylev P. I.**, Agricultural Research Center "Donskoy" – Dr. Sci. (Agriculture), professor (Zernograd, Russia);
- Lobachevsky Ya. P.**, Federal Scientific Agroengineering Center VIM – Dr. Sci. (Technique), professor of RAS, academician of RAS (Moscow, Russia);
- Lukomets V. M.**, Federal Scientific Center "V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
- Medvedev A. M.**, Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, corresponding member of RAS (Odintsovo, Russia);
- Pakhomov V. I.**, Agricultural Research Center "Donskoy" – Dr. Sci. (Technology), docent, corresponding member of RAS (Zernograd, Russia);
- Sandukhadze B. I.**, Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Odintsovo, Russia);
- Sotchenko V. S.**, All-Russian Research Institute of Maize – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Pyatigorsk, Russia);
- Upadyshev M. T.**, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery – Dr. Sci. (Agriculture), professor of RAS, corresponding member of RAS (Moscow, Russia);
- Shevchenko S. N.**, Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Samara, Russia);

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

- Urban E. P.**, RUE "The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, corresponding member of NAS (Zhodino, The Republic of Belarus);
- Usenbekov B. N.**, Institute of Plant biology and biotechnology – Cand. Sci. (Biology), professor, (Almaty, The Republic of Kazakhstan)
- Khalil Surek**, Trakia Agricultural Research Institute – PhD (Edirne, Turkey);
- Yusupov G. Yu.**, Ministry of Agriculture and Water Management of Turkmenistan – Cand. Sci. (Agriculture) (Ashkhabad, Russia);

The journal has been registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor). Registration number is PI No. FS 77-81134 dated May 17, 2021

The journal has been included in the List of the leading peer-reviewed scientific publications where there are published the main scientific results of dissertations for the academic degrees of a doctor and candidate of sciences (scientific specialty 4.1. Agronomy, forestry, water economy). The journal is introduced into the system of Russian Science Citation Index on the platform of Web of Science (core of RSCI). The journal has been included in the International Data Base DOAJ.

English version is of Olga N. Skuybedina.

The official address of the editorial board is 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok street, 3.
E-mail: zhros.don@yandex.ru

The journal is issued 6 times a year. Signed for publication 25.08.2023
The date of the issue is 28.08.2023. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No 000
Printed in Ltd "Amirit", 410004, Saratov, Chernyshevsky Str., 88.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Филенко Г. А., Фирсова Т. И., Скворцова Ю. Г. История становления лаборатории первичного семеноводства и семеноведения в аграрном научном центре «Донской»	6
Ковтунова Н. А., Романюкин А. Е., Ковтунов В. В., Ермолина Г. М., Шишова Е. А. Использование цитоплазматической мужской стерильности в селекции сорго на урожайность	14
Потоцкая И. В., Шепелев С. С., Чурсин А. С., Ковальчук А. М., Шаманин В. П. Селекционная оценка сортообразцов озимой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири	21
Пахотина И. В., Омелянюк Л. В., Игнатьева Е. Ю., Асанов А. М., Солдатова Л. Т. Перспективные сорта гороха для использования в крупяной промышленности в условиях юга Западной Сибири	28
Костылев П. И., Аксенов А. В., Краснова Е. В. Оценка продуктивности образцов риса в условиях жесткой полевой засухи	35
Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г., Чахеева Т. В. Яровая твердая пшеница Безенчукский подарок	43
Сапега В. А. Сортовое районирование яровой пшеницы и оценка ее сортов по урожайности и адаптивности в Тюменской области	51
Морозов Н. А., Самсонов И. В., Панкратова Н. А. Новый сорт ярового ячменя Степняк	59

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Сапунков В. Л. Сравнительные демонстрационные испытания сортов озимой пшеницы АНЦ «Донской» в зоне черноземных почв Волгоградской области	65
Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Бишарев А. А., Калякулина И. А., Анисимкина Н. В. Оценка урожайности, содержания белка в зерне и пленчатости ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья	72
Митрохина О. А. Микроэлементы в склоновом агроландшафте ЦЧР и их связь с урожайностью сельскохозяйственных культур	78
Попова Г. В., Пуздря Ф. Ф., Боженков А. В., Круглова С. А., Морозова Т. М. Влияние погодных факторов на эффективность макро- и микроудобрений при выращивании клевера лугового в условиях Костромской области	84
Гуреев И. И., Гостев А. В., Нитченко Л. Б., Лукьянов В. А., Хлюпина С. В., Прущик И. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при минимизации приемов агротехники в условиях ЦЧР	91

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Капусткина А. В. Оценка устойчивости зерна различных видов пшеницы к повреждениям клопов рода <i>Eurygaster</i> L. (Hemiptera, Scutelleridae)	102
Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Гайфуллина Г. Р. Характеристика эффективности генов устойчивости к листовой бурой ржавчине яровой пшеницы в условиях Республики Татарстан	109
Голубев А. С. Оценка эффективности гербицида Аксиал Кросс в посевах зерновых культур	114

CONTENTS

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Filenko G. A., Firsova T. I., Skvortsova Yu. G. The history of the formation of the laboratory of primary seed production and seed study in the Agricultural Research Center "Donskoy"	6
Kovtunova N. A., Romanyukin A. E., Kovtunov V. V., Ermolina G. M., Shishova E. A. Use of cytoplasmic male sterility in sorghum breeding for productivity	14
Pototskaya I. V., Shepelev S. S., Chursin A. S., Kovalchuk A. M., Shamanin V. P. Breeding estimation of the winter wheat varieties in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia	21
Pakhotina I. V., Omeliyanyuk L. V., Ignatieva E. Yu., Asanov A. M., Soldatova L. T. Promising pea varieties for use in the cereal industry in the south of Western Siberia	28
Kostylev P. I., Aksenov A. V., Krasnova E. V. Estimation of the productivity of rice samples under severe field drought	35
Malchikov P. N., Myasnikova M. G., Chakheeva T. V. The spring durum wheat variety 'Bezenchuksky Podarok'	43
Sapega V. A. Varietal zoning of spring wheat and estimation of its varieties according to productivity and adaptability in the Tyumen region	51
Morozov N. A., Samsonov I. V., Pankratova N. A. New spring barley variety 'Stepnyak'	59

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT BREEDING

Sapunkov V. L. Comparative demonstration trials of winter wheat varieties of the ARC "Donskoy" in the zone of blackearth soils of the Volgograd region	65
Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Bisharev A. A., Kalyakulina I. A., Anisimkina N. V. Estimation of productivity, protein percentage in grain and hoodness of spring barley varieties in the conditions of the middle Volga region	72
Mitrokhina O. A. Microelements in the slope agricultural landscape of the Central Blackearth Region and their correlation with grain crop productivity	78
Popova G. V., Puzdrya F. F., Bazhenkov A. V., Kruglova S. A., Morozova T. M. The effect of weather factors on the efficiency of macro- and microfertilizers for the red clover cultivation in the conditions of the Kostroma region	84
Gureev I. I., Gostev A. V., Nitchenko L. B., Lukyanov V. A., Khlyupina S. V., Prushchik I. A. Winter wheat productivity and grain quality while minimizing agricultural techniques in the conditions of the Central Blackearth Region	91

PLANT PROTECTION

Kapustkina A. V. Estimation of grain resistance of various wheat types to corn bug <i>Eurygaster</i> L. (Hemiptera, Scutelleridae)	102
Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Vasilova N. Z., Tazutdinova M. R., Khusainova I. I., Gaifullina G. R. Characteristics of the efficiency of leaf rust resistance genes of spring wheat in the conditions of the Republic of Tatarstan	109
Golubev A. S. Estimation of the efficiency of the herbicide 'Axial Cross' for grain crops	114

НЕКРОЛОГ



9 августа 2023 года на 74 году жизни скончался доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» и член редакционной коллегии научно-практического журнала «Зерновое хозяйство России»

Иван Федорович Храмцов

Вся его жизнь – бесконечная преданность выбранному делу. Научные исследования ученого посвящены совершенствованию теоретических основ и решению прикладных проблем повышения плодородия почв и продуктивности агроэкосистем в земледелии Сибири. Под его руководством разработаны теоретические основы управления плодородием почв на базе экологически сбалансированных систем применения удобрений и энергосберегающих почвозащитных обработок почвы; научно обоснованные приемы повышения эффективности удобрений и оптимизации основной обработки почвы в севооборотах, обеспечивающие существенный ресурсосберегающий, экологический и экономический эффект.

За достижения в развитии сельскохозяйственной науки Иван Федорович награжден Памятной медалью «50 лет начала освоения целинных земель», Почетной медалью академика А.Н. Бараева, Юбилейной медалью «40 лет Сибирского отделения Россельхозакадемии 1969–2009 гг.», медалью И. И. Синягина «За содействие в развитии аграрной науки Сибири», Золотой медалью им. Т.С. Мальцева, Памятной медалью Сергея Иосифовича Манякина, Памятной юбилейной медалью «60 лет Сибирского отделения Российской академии наук», присвоено звание «Почетный работник АПК России», Кавалер Золотого почетного знака «Достояние Сибири» и т.д.

Руководство Аграрного научного центра «Донской» и коллектив редакции журнала «Зерновое хозяйство России», выражает глубокие соболезнования семье, друзьям и коллегам Ивана Федоровича.

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 631.531.12(091)

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-6-13

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ ПЕРВИЧНОГО СЕМЕНОВОДСТВА И СЕМЕНОВЕДЕНИЯ В АГРАРНОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ «ДОНСКОЙ»

Г. А. Филенко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства и семеноведения, ORCID ID: 0000-0003-4271-0003;
Т. И. Фирсова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства и семеноведения, ORCID ID: 0000-0003-0582-4124;
Ю. Г. Скворцова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства и семеноведения, ORCID ID: 0000-0002-1490-2422
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В статье приведены краткие исторические сведения по становлению первичного семеноводства зерновых культур на Зерноградской государственной селекционной опытной станции (ныне ФГБНУ АНЦ «Донской»). Также представлены итоги семеноводческой работы и дальнейшие перспективы развития лаборатории с момента ее открытия в 1955 г. и по настоящее время. Отмечена роль семеноводов в совершенствовании методов индивидуально-семейственного, массового и негативного отборов; комплексном исследовании на повышение посевных качеств семян и определении причин травмирования семян сортов озимой мягкой пшеницы в процессе уборки и послеуборочной доработки. В разные годы лабораторией первичного семеноводства руководили сотрудники, обогатившие ее своим бесценным опытом. Это А. М. Надеева (1955–1967 гг.), Л. Г. Синецкая (1967–1972 гг.), Л. И. Тарева (1972–1980; 1992–1997), Н. Д. Щедрин (1980–1991 гг.), С. С. Ковалев (1997–2004 гг.), Т. И. Фирсова (с 2004 г. и по настоящее время). Сегодня в лаборатории ведется научно-исследовательская работа согласно «Методическим рекомендациям по производству семян элиты зерновых, зернобобовых и крупяных культур» по первичному семеноводству сортов зерновых колосовых культур селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» на площади 34 га и в объемах до 6000 семей в первичных звеньях. Основной метод работы – индивидуально-семейственный отбор с двухгодичной оценкой семей по потомству. Ежегодно в питомниках размножения озимой мягкой пшеницы, озимого и ярового ячменя производится более 120 т кондиционных оригинальных семян, которые соответствуют нормативным требованиям на сортовые и посевные качества и их классификации по репродукциям.

Ключевые слова: семеноводство, сорт, семья, метод отбора, семеноведение, репродукция.

Для цитирования: Филенко Г. А., Фирсова Т. И., Скворцова Ю. Г. История становления лаборатории первичного семеноводства и семеноведения в аграрном научном центре «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 6–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-6-13.



THE HISTORY OF THE FORMATION OF THE LABORATORY OF PRIMARY SEED PRODUCTION AND SEED STUDY IN THE AGRICULTURAL RESEARCH CENTER “DONSKOY”

G. A. Filenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for primary seed production and seed study, ORCID ID: 0000-0003-4271-0003;
T. I. Firsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for primary seed production and seed study, ORCID ID: 0000-0003-0582-4124;
Yu. G. Skvortsova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for primary seed production and seed study, ORCID ID: 0000-0002-1490-2422
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

There has been given brief historical information on the formation of primary seed production of grain crops at the Zernograd State Breeding Experimental Station (now FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”). The current paper has presented the results of seed production work and further prospects for the laboratory work from the moment the laboratory was set up in 1955 to the present days. There has been shown the role of seed-growers in improving the methods of individual-family, mass, and negative selection; in a comprehensive study to improve the sowing qualities of seeds and determine the causes of seed damage of winter common wheat varieties during harvesting and post-harvesting processing. There has been established that in different years the laboratory of primary seed production was headed by the following researchers who contributed their invaluable experience. They are A. M. Nadeeva (1955–1967), L. G. Sinetskaya (1967–1972), L. I. Tareva (1972–1980; 1992–1997), N. D. Shchedrin (1980–1991), S. S. Kovalev (1997–2004), T. I. Firsova (2004 and at present days). There has been found out that the laboratory is conducting research work, according to the “Methodological recommendations for the production of seeds of the basic grain, leguminous and cereal crops” for the primary seed production of grain crop varieties of the

FSBSI "ARC "Donskoy" on an area of 34 hectares, in volumes up to 6000 families in primary links. The main method of work is individual-family selection with a two-year estimation of families according to progeny. Every year, more than 120 tons of conditioned original seeds are produced in breeding nurseries for winter common wheat, winter and spring barley, which meet the regulatory requirements for varietal and sowing qualities and their classification by reproductions.

Keywords: seed production, variety, family, selection method, seed study, reproduction.

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности является важнейшим направлением государственной политики, так как охватывает широкий спектр национальных, экономических, социальных, демографических и экологических факторов. Основной задачей обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации вне зависимости от изменения внешних и внутренних условий является устойчивое производство собственной сельскохозяйственной продукции. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности в области производства сельскохозяйственной продукции необходимо повышение урожайности сельскохозяйственных культур, развитие селекции и семеноводства (Полухин и др., 2022).

Селекция и семеноводство – это то, на чем держится растениеводство любого государства (Малкандуева и Кашуков, 2021). С точки зрения растениеводческой отрасли селекция – это наука, занимающаяся выведением новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. Семеноводство – это наука о сохранении чистосортности сортов, их размножении и производстве до необходимых объемов оригинальных, элитных и репродукционных семян (Pankin and fon Korff, 2017; Медеяева и Голикова, 2021). В настоящее время эффективная организация семеноводства позволяет обеспечить сельхозтоваропроизводителей оптимальным количеством высококачественных кондиционных семян с высокими сортовыми и урожайными свойствами для своевременного проведения таких мероприятий, как сортообновление. Одной из основополагающих задач отрасли семеноводства является массовое размножение семян сортов и замена возделываемых в производстве старых сортов новыми, внесенными в Государственный реестр, более высокоурожайными или наиболее ценными по хозяйственно полезным признакам. И вторая, не менее важная, задача – это замена семян, которые при репродуцировании в производстве утратили свои сортовые и биологические качества, лучшими семенами того же сорта (Wiegmann et al., 2019).

Важным условием повышения эффективности производства семян в первичном семеноводстве является сохранение сортовых особенностей, сортовой чистоты и типичности, а также улучшение и совершенствование приемов и способов ведения первичного семеноводства, способствующих проявлению оптимальных признаков продуктивности сортов в процессе их массового репродуцирования (Алабушев и др., 2019; Тимина и др., 2020).

Результаты и их обсуждение. Организованное размножение сортовых семян зерновых

культур впервые в России отмечено в 1921 г., когда был подписан декрет Совета Народных Комиссаров «О семеноводстве». Основная роль отрасли семеноводства в тот период заключалась в получении элитных семян, прошедших систематический целенаправленный отбор в первичных звеньях семеноводства, обладающих высокими показателями сортовой чистоты и посевных качеств. Научные разработки по оптимизации урожайных качеств семян осуществляли при помощи внутрисортной гибридизации.

Однако уже в 60-х гг. XX в. в стране начали проводиться интенсивные исследования по разработке новых методов по получению семян элиты. Вследствие этих исследований было принято решение применять при производстве семян элиты зерновых колосовых культур индивидуально-семейственный метод отбора с двухгодичной оценкой семей по потомству (Кривошеев и Шумаков, 2021).

Вопросами первичного семеноводства зерновых колосовых культур в институте стали заниматься с момента основания Зерноградской государственной селекционной опытной станции (1930 г.), на которую возлагались ключевые задачи по получению и сохранению чистосортного посевного материала и ускоренному размножению высококачественных семян районированных сортов, адаптированных для условий Северного Кавказа. С 1938 г. на селекционной станции стремились выращивать семена не только с высокой сортовой чистотой и оптимальными физическими качествами, но и обладающие высокоурожайными свойствами по сравнению с рядовым зерном. В основу семеноводства было положено внутрисортное скрещивание, отбор наиболее урожайных и продуктивных растений проводили на высоком агрофоне. Первичное семеноводство вели по 4-ступенчатой схеме: 1) питомник обновления и отбора, 2) семенной питомник, 3) суперэлита, 4) элита. Порядок работы и движения семенного материала по питомникам для разных культур имел свои особенности. Для самоопылителей внутрисортное скрещивание проводили или на общих массивах элитных посевов, или на специальном участке, засеваемом смесью чистосортных семян данного сорта. Семена, полученные от внутрисортного скрещивания, высевали в питомнике обновления, откуда отбирали лучшие растения в питомник отбора. Каждое отобранное растение высевали отдельным рядком, а через 40 рядков для сравнения – стандарт-элита этого сорта. Из питомника отбора выделяли лучшие семьи, проверку которых проводили в семенном питомнике. Семенной питомник закладывали лучшими семенами, вы-

ращенными в питомнике отбора, а также частично семенами от лучших семей семенного питомника предыдущего года. Таким образом, в семенном питомнике накапливались высокоурожайные семьи. Лучшие семьи по данным полевой и лабораторной оценки из семенного питомника объединялись и использовались для посева суперэллиты. В короткие сроки были созданы все звенья полной схемы семеноводства. Первыми ступенями семеноводства до суперэллиты занимались селекционные группы.

До середины 1950-х гг. на опытной станции селекционеры самостоятельно выполняли работу по первичному семеноводству. При небольшом коллективе научных сотрудников и рабочих селекционной лаборатории озимой мягкой пшеницы внедрение в производство новых районированных сортов осуществлялось крайне невысокими темпами. В целях оптимизации сил и для решения задач по семеноводству в 1955 г. из отдела селекции по инициативе И.Г. Калиненко была выделена как самостоятельное подразделение лаборатория первичного семеноводства, которую возглавила А.М. Надеева. На данную лабораторию возлагались задачи по выявлению и размножению чистосортного семенного материала зерновых колосовых культур. В целях более полного использования хозяйственно ценных свойств сортов был намечен порядок размножения селекционного материала и планомерного его распределения

среди семеноводческих хозяйств Ростовской области. В период с 1955 по 1973 г. в лаборатории осуществлялась семеноводческая работа по размножению семян высших репродукций таких культур, как озимая пшеница (сорт Приазовская улучшенная); яровая пшеница (сорта Харьковская 46, Зерноградская 39 и Саратовская 42) и ярового ячменя (сорта Южный и Одесский 36). С 1974 г. началась работа по размножению и внедрению семян собственной селекции сортов озимой мягкой пшеницы Донская остистая и Северодонецкая, которые пришли на смену сорту озимой мягкой пшеницы Приазовская улучшенная. С 1976 г. были заложены первичные звенья семеноводства по сорту ярового ячменя Зерноградский 73, а с 1977 г. – по сортам озимого ячменя Паллидум 198 и Искра и сорту озимой пшеницы Ростовчанка.

В разные годы в лаборатории первичного семеноводства трудились научные сотрудники, которые передали свой бесценный опыт пришедшим им на смену. Это А.М. Надеева (1955–1967 гг.), Л.Г. Синецкая (1967–1972 гг.), Л.И. Тарева (1972–1980; 1992–1997 гг.). Высоких показателей лаборатория достигла под руководством Н.Д. Щедрина (1980–1991 гг.), С.С. Ковалева (1997–2004 гг.). С 2004 г. и по настоящее время научной работой в лаборатории первичного семеноводства и семеноведения руководит кандидат сельскохозяйственных наук Т.И. Фирсова (рис. 1).



Н.Д. Щедрин (1980–1991 гг.)



С.С. Ковалев (1997–2004 гг.)



Л.И. Тарева (1972–1980 гг.; 1992–1997 гг.)



Т.И. Фирсова (с 2004 г.)

Рис. 1. Заведующие лабораторией первичного семеноводства и семеноведения
Fig. 1. Heads of the laboratory for primary seed production and seed study

Начиная с 1955 г. работу по первичному семеноводству в данном подразделении вели старший научный сотрудник А.И. Крюкова, младший научный сотрудник О.А. Лупинога, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук Т.И. Фирсова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Г.А. Филенко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный со-

трудник Ю.Г. Скворцова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник А.А. Лысенко, младший научный сотрудник Н.Г. Черткова, агроном Е.В. Баранов и лаборанты-исследователи В.Т. Лямзина, Л.П. Шлопова, Р.А. Гришина, В.Н. Мусенко, Л.П. Кудрявцева, С.Н. Овсянников, В.В. Чумак, Н.В. Чумак, И.Н. Сушкова и др. (рис. 2).



1990 г.



2010 г.



2015 г.



2022 г.

Рис. 2. Сотрудники лаборатории первичного семеноводства и семеноведения
Fig. 2. Researchers of the laboratory for primary seed production and seed study

В настоящее время под руководством Татьяны Ивановны Фирсовой ведется большая семеноводческая работа в области первичного семеноводства сортов озимой мягкой пшеницы, ярового и озимого ячменя. При ее непосредственном участии в данной лаборатории были начаты научные исследования по комплексному изучению сортовых и урожайных качеств семян озимой пшеницы, озимого и ярового ячменя в первичных звеньях семеноводства в зависимости от приемов отбора элитных растений при выращивании оригинальных семян.

Основные направления в семеноводческой работе в лаборатории следующие:

- определение наиболее эффективных критериев отбора семей по посевным и урожайным свойствам семян озимой мягкой пшеницы;
- выявление степени внутрисортовой изменчивости важнейших количественных признаков сортов остистых и безостых форм озимой мягкой пшеницы;

- установление в первичных звеньях семеноводства возможности длительного сохранения основных морфо-биологических особенностей сортов;

- улучшение традиционных методов и схем первичного семеноводства;

- оценка воздействия индивидуально-семейного отбора с двукратной оценкой семей по потомству на элементы структуры урожая семян озимой пшеницы и ячменя;

- сохранение сортовых особенностей, характерных для данного сорта;

- использование в первичном семеноводстве метода электрофореза для оценки качества зерна.

В результате многолетнего изучения сортов озимой мягкой пшеницы в лаборатории была определена эффективность различных приемов отбора элитных растений при возделывании оригинальных семян, получены данные по наиболее эффективному ведению первичного семеноводства новых сортов зерновых колосовых культур.



Рис. 3. Т. И. Фирсова

Fig. 3. T. I. Firsova

Татьяна Ивановна Фирсова (рис. 3) в 1978 г. окончила Сальский сельскохозяйственный техникум, затем в 1994 г. – Донской государственный аграрный университет по специальности «Ученый агроном». Работала в Донском селекционном центре (ныне АНЦ «Донской»). Она прошла путь от младшего научного сотрудника до ведущего научного сотрудника, с 2004 г. – заведующая лабораторией первичного семеноводства. В 2006 г. в Донском зональном НИИ сельского хозяйства защитила кандидатскую диссертацию на тему «Сортовые и урожайные качества семян озимой пшеницы в первичных звеньях семеноводства в зависимости от приемов отбора элитных растений».

Основной целью лаборатории в данный период является размножение семян зерновых колосовых культур, включенных в Госреестр РФ и находящихся на Государственном сортоиспытании, совместно с отделом селекции и семеноводства озимой пшеницы и ячменя. В разные годы в лаборатории осуществлялось первичное семеноводство по следующим культурам: озимая и яровая пшеница, озимый и яровой ячмень, просо, овес и горох на высоком уровне. Основное внимание при раз-

множении оригинальных семян уделяли сохранению урожайных качеств семян, сортовой чистоты и типичности. Ежегодно первичное семеноводство ведется по допущенным к использованию в Северо-Кавказском, Центрально-Черноземном, Нижневолжском и Средневолжском регионах РФ и зарубежных стран (Армения, Казахстан и Киргизия) сортам в объемах, обеспечивающих потребность в семенах. Основной метод работы – индивидуально-семейственный отбор с двухгодичной оценкой семей по потомству. Первичное семеноводство семян в лаборатории проводят по следующей схеме: 1) питомник отбора, 2) питомник испытания потомств первого года (ПИП-1), 3) питомник испытания потомств второго года (ПИП-2), 4) семенной питомник размножения оригинальных семян ОС (ПР-1). В лаборатории при выращивании оригинальных семян в первичных звеньях семеноводства с 1980 г. используют 4-польный севооборот, где для каждой культуры имеется свой предшественник, для озимых культур – чистый пар, для гороха – озимые культуры, для ярового ячменя – горох. Общая площадь посева в настоящее время составляет 34,0 га, где выращивается более 30 сортов зерновых колосовых культур. Питомники размножения ОС (ПР-1) закладываются на площади 30 га, а питомники испытания потомств первого года (ПИП-1) и второго года (ПИП-2) – 4,0 га.

Первичные звенья семеноводства, к которым относятся питомники испытания потомств 1 и 2 года, занимаются выращиванием высококачественных семян для воспроизводства в дальнейшем оригинальных семян ОС (ПР-1,2). В ПИП-1 за период с 2012 по 2022 г. испытывали от 360 до 1516 семей озимой пшеницы, от 100 до 350 семей озимого ячменя, от 500 до 1335 семей ярового ячменя. В ПИП-2 были изучены: озимой пшеницы – от 880 до 1716 семей; озимого ячменя – от 88 до 396 семей, ярового ячменя – от 572 до 1056 семей (табл. 1).

Таблица 1. Количество изученных семей сортов зерновых колосовых культур в первичных звеньях семеноводства (2012–2022 гг.)
Table 1. Number of studied families of grain crop varieties in the primary links of seed production (2012–2022)

Годы	Озимая пшеница				Озимый ячмень				Яровой ячмень			
	ПИП-1		ПИП-2		ПИП-1		ПИП-2		ПИП-1		ПИП-2	
	кол-во сортов, шт.	кол-во семей, шт.	кол-во сортов, шт.	кол-во семей, шт.	кол-во сортов, шт.	кол-во семей, шт.	кол-во сортов, шт.	кол-во семей, шт.	кол-во сортов, шт.	кол-во семей, шт.	кол-во сортов, шт.	кол-во семей, шт.
2012	6	1154	12	1252	1	150	4	352	6	500	5	660
2013	6	1341	10	1040	1	210	1	88	6	650	6	1056
2014	4	678	17	1496	1	100	2	132	5	750	5	1056
2015	2	493	15	1320	2	190	–	–	4	855	4	880
2016	1	360	17	1496	3	328	–	–	4	510	5	836
2017	3	550	9	880	1	210	4	396	5	995	5	660
2018	7	1150	20	1584	2	350	2	176	5	600	–	528
2019	7	1245	16	1232	1	127	–	–	6	771	5	572
2020	7	1046	13	1452	1	156	3	264	7	1034	6	832
2021	10	1516	19	1496	1	200	3	264	7	1199	7	792
2022	7	1334	16	1716	1	208	5	396	7	1335	8	968

Эффективность семеноводства зерновых культур зависит от постоянно изменяющихся организационно-хозяйственных и климатических условий, и поэтому характеризуется неустойчивостью показателей урожайности и различными объемами полученных семян по годам. Так, в период с 2012 по 2022 г. в питомниках испытания потомств второго года (ПИП-2) было выращено следующее количество семян: от 7190 до 12570 кг семян сортов озимой пшеницы, от 480 до 2860 кг семян сортов озимого ячменя и от 2430 до 4635 кг сортов ярового ячменя; в питомниках размножения ОС (ПР-1): сортов озимой пшеницы от 37000 до 66100 кг, сортов озимого ячменя от 480

до 2860 кг, сортов ярового ячменя от 34120 до 65700 кг. Ежегодно в лаборатории производится более 120 т кондиционных оригинальных семян сортов озимой пшеницы, ярового и озимого ячменя. Объем полученных кондиционных семян за период с 2012 по 2022 г. варьировал от 99,4 т (2014 г.) до 144,2 т (2017 г.) (табл. 2). Полученные семена соответствуют нормативным требованиям на сортовые и полевые качества (ГОСТ Р-52325-2005) и передаются в селекционные подразделения института и научно-производственные бригады для дальнейшего размножения до суперэлиты и элиты, а затем реализуются по хозяйствам регионов допуска к использованию.

Таблица 2. Объем полученных семян в питомниках испытания потомств второго года (ПИП-2) и питомниках размножения ОС(ПР-1) (2012–2022 гг.)
Table 2. Volume of seeds yielded in nurseries for testing a second-year progeny (PIP-2) and breeding nurseries OS (PR-1) (2012–2022)

Годы	Озимая пшеница		Озимый ячмень		Яровой ячмень		Среднее
	ПИП-2	ОС (ПР-1)	ПИП-2	ОС (ПР-1)	ПИП-2	ОС(ПР-1)	
2012	5960	53800	990	5020	3310	38800	107880
2013	6400	66100	480	2970	3590	40320	119860
2014	9300	49100	550	–	4780	35700	99430
2015	9112	56050	–	8300	3110	34120	110692
2016	9563	51600	–	3400	2760	38800	106123
2017	8400	57100	2510	6520	4020	65700	144250
2018	12570	58500	1600	5160	2430	44960	125220
2019	7190	49300	–	4120	3358	57600	121568
2020	8410	37350	1260	6010	4010	49840	106880
2021	9030	37000	1310	2300	3105	40370	93115
2022	11330	48800	2860	–	4635	53700	121325

В период с 2008 по 2021 г. в связи с увеличением работ по изучению полевых качеств озимой пшеницы на базе лаборатории первичного семеноводства было открыто направление по семеноведению. За это время был выполнен значительный объем работ по изучению влияния различных предшественников, доз удобрений, сроков посева и оценке действия водного стресса на полевые качества семян сортов озимой мягкой пшеницы.



Рис. 4. Ю. Г. Скворцова
Fig. 4. Yu. G. Skvortsova

Приоритетным направлением работы по семеноведению являлось комплексное исследование на повышение полевых качеств семян и определение причин травмирования семян сортов озимой мягкой пшеницы в процессе уборки и послеуборочной доработки.

В процессе научно-исследовательской работы старшим научным сотрудником Ю.Г. Скворцовой (рис. 4) в 2016 г. была выполнена и защищена кандидатская диссертация по теме «Посевные качества семян сортов озимой пшеницы и пути их улучшения».

Главное внимание исследований по семеноведению в период функционирования лаборатории было сосредоточено по следующим направлениям:

- изучение полевых качеств и урожайных свойств сортовых семян новых сортов озимой пшеницы;
- изучение влияния степени травмирования семян сортов озимой мягкой пшеницы уборочными и зерноочистительными машинами в первичных звеньях семеноводства;
- влияние агротехнических и экологических факторов на формирование полевых качеств и урожайных свойств сортов озимой мягкой пшеницы;
- изучение свойств семян озимой мягкой пшеницы в зависимости от частей колоса;

– выявление динамики изменения урожайных, посевных и биохимических показателей семян в зависимости от категорий семян озимой мягкой пшеницы.

В 2023 г. лаборатория первичного семеноводства и семеноведения вошла в состав отдела селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы. Основной задачей коллектива, как и ранее, является организация выращивания высококачественных семян перспективных и новых сортов зерновых колосовых культур селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», допущенных к использованию в регионах допуска в Российской Федерации и сопредельных стран.

Представленный обзор проводимой семеноводческой работы по организации первичного семеноводства в ФГБНУ «АНЦ Донской» с использованием индивидуально-семейственного подхода к каждому сорту и культуре, учитывая их биологические особенности, представляет ее научную значимость и необходимость проведения дальнейших научно-исследовательских работ по первичному семеноводству и семеноведению. Целью этих работ является сохранение и поддержание хозяйственно ценных свойств семян для их дальнейшего целенаправленного использования

при репродуцировании новых сортов озимой мягкой пшеницы и ячменя.

Выводы. Большой вклад в обеспечение семенами для проведения сортоиспытания и сортообновления внесли сотрудники лаборатории первичного семеноводства А.М. Надеева (1955–1967 гг.), Л.Г. Синица (1967–1972 гг.), Л.И. Тарева (1972–1980; 1992–1997 гг.), Н.Д. Щедрин (1980–1991 гг.), С.С. Ковалев (1997–2004 гг.) и Т.И. Фирсова (с 2004 г. – настоящее время). За годы существования лаборатории первичного семеноводства и семеноведения (1955–2022) ее сотрудники опубликовали более 50 научных работ, была издана книга «Семеноводство зерновых культур в Ростовской области» и разработаны три методических рекомендации: «Рекомендации по семеноводству зерновых колосовых культур в Ростовской области» (2012 г.), «Практические рекомендации по определению норм высева семян зерновых культур» (2012 г.), «Методические рекомендации по производству семян различных категорий зерновых культур» (2019 г.). Получено 18 авторских свидетельств на сорта озимой пшеницы, озимого и ярового ячменя, которые внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ и других стран.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Самофалова Н.Е., Фирсова Т.И., Евсеева З.П. Методические рекомендации по производству различных категорий зерновых колосовых культур. Саратов: ООО «Амирит», 2019. 68 с.
2. Кривошеев С.И., Шумаков В.А. Технологические схемы производства семян высших репродукций новых сортов озимой пшеницы в условиях Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6. С. 74–78. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-74-78.
3. Малкандуева А.Х., Кашукоев М.В. Влияние репродуцирования на урожай и качество озимой пшеницы // Научная жизнь. 2021. № 7. С. 811–819. DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-7-811-819.
4. Меделяева З.П., Голикова С.А. Современное семеноводство в РФ: принципы и особенности организации // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (67). С. 186–191.
5. Полухин А.А., Цуканова З.Р., Гусева А.А., Молошенок А.А., Латынцева Е.В. Организация первичного семеноводства новых сортов зерновых, зернобобовых, крупяных культур и сои // Земледелие. 2022. № 5. С. 28–31. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-5-28-31.
6. Тимина М.А., Кобылянский В.Д., Бутковская Л. К Особенности первичного семеноводства озимой ржи // Вестник КРАСГАУ. 2020. № 5. С. 48–53. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-48-53.
7. Wiegmann M., Thomas W.T. B., Bull H. J., Flavell A. J., Zeyner A., Peiter E., Pillen K., Maurer A. Wild Barley Serves as a Source for Biofortification of Barley Grains // Plant Science. 2019. Vol. 283. P. 83–94. DOI: 10.1016/j.plantsci.2018.12.030.
8. Pankin A., von Korff M. Coevolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (*Hordeum vulgare*) // Current Opinion in Plant Biology. 2017. Vol. 36, P. 15–21. DOI: 10.1016/j.pbi.2016.12.001.

References

1. Alabushev A.V., Samofalova N.E., Firsova T.I., Evseeva Z.P. Metodicheskie rekomendatsii po proizvodstvu razlichnykh kategorii zernovykh kolosovykh kul'tur [Methodical recommendations for the production of various categories of grain crops]. Saratov: ООО «Amirity», 2019. 68 s.
2. Krivosheev S.I., Shumakov V.A. Tekhnologicheskie skhemy proizvodstva semyan vysshikh reproduktitsii novykh sortov ozimoi pshenitsy v usloviyakh Kurskoi oblasti [Technological schemes for the production of seeds of higher reproductions of new winter wheat varieties in the conditions of the Kursk region] // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2021. № 6. S. 74–78. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-74-78.
3. Malkandueva A. Kh., Kashukoev M. V. Vliyanie reproduktivnosti na urozhai i kachestvo ozimoi pshenitsy [Effect of reproduction on productivity and quality of winter wheat] // Nauchnaya zhizn'. 2021. № 7. S. 811–819. DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-7-811-819.
4. Medelyaeva Z. P., Golikova S. A. Sovremennoe semenovodstvo v RF: Printsipy i osobennosti organizatsii [Modern seed production in the Russian Federation: Principles and features of the organization] // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 4 (67). S. 186–191.

5. Polukhin A.A., Tsukanova Z.R., Guseva A.A., Moloshonok A.A., Latyntseva E.V. Organizatsiya pervichnogo semenovodstva novykh sortov zernovykh, zernobobovykh, krupyanykh kul'tur i soi [Organization of primary seed production of new varieties of grain crops, legumes, cereals and soybeans] // Zemledelie. 2022. № 5. S. 28–31. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-5-28-31.
6. Timina M.A., Kobylyanskii V.D., Butkovskaya L. K Osobennosti pervichnogo semenovodstva ozimoi rzhi [Features of primary seed production of winter rye] // Vestnik KrasGAU. 2020. № 5. S. 48–53. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-48-53.
7. Wiegmann M., Thomas W. T. B., Bull H. J., Flavell A.J., Zeyner A., Peiter E., Pillen K., Maurer A. Wild Barley Serves as a Source for Biofortification of Barley Grains // Plant Science. 2019. Vol. 283, P. 83–94. DOI: 10.1016/j.plantsci.2018.12.030.
8. Pankin A., von Korff M. Coevolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (*Hordeum vulgare*) // Current Opinion in Plant Biology. 2017. Vol. 36, P. 15–21. DOI: 10.1016/j.pbi.2016.12.001.

Поступила: 05.06.23; доработана после рецензирования: 13.07.23; принята к публикации: 18.07.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Филенко Г. А. – концептуализация исследования; Фирсова Т. И. – анализ данных и их интерпретация; Скворцова Ю. Г. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МУЖСКОЙ СТЕРИЛЬНОСТИ В СЕЛЕКЦИИ СОРГО НА УРОЖАЙНОСТЬ

Н. А. Ковтунова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

А. Е. Романюкин, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;

В. В. Ковтунов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

Г. М. Ермолина, кандидат сельскохозяйственных наук, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID ID: 0000-0003-0168-5966;

Е. А. Шишова, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Увеличение урожайности многих сельскохозяйственных культур связано с получением гетерозисных гибридных форм, более продуктивных, чем обычные сорта. Для получения гетерозисного эффекта и создания гибридных семян в селекционной практике сорго используется явление цитоплазматической мужской стерильности. Цель работы: изучить новые сорго-суданковые гибриды, созданные на основе ЦМС, и определить гетерозис по основным хозяйственно ценным признакам, оказывающим влияние на урожайность зеленой массы. Исследования проводили в 2020–2022 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской». В качестве объекта исследований были использованы сорго-суданковые гибриды, изучаемые в конкурсном испытании. Посев и полевые наблюдения проводили по общепринятым методикам. Метеорологические условия в годы исследований (2020–2022 гг.) значительно различались, что позволило провести всестороннюю оценку гибридов в контрастных условиях. Согласно проведенным исследованиям по основным признакам (продолжительность периода «всходы–выметывание», высота растений, длина третьего листа и количество листьев на растении), оказывающим влияние на продуктивность сорго-суданковых гибридов, выявлен высокий гетерозисный эффект. Гибриды, полученные на основе ЦМС, имели урожайность зеленой массы в сумме за два укоса 3557–5949 г/м². Гипотетический гетерозис имел значения от 59,8 до 144,3 %, истинный – 22,1–95,1 %. По урожайности зеленой массы выделились гибриды АПВ-1115 х Кудесница, АПВ-1115 х Светлопленчатая 2, АПВ-1115 х ЧТ-22, Джетта х ЧТ-22, превысившие стандарт на 755–1384 г/м², или на 16,5–30,3 %. Выделенные гибриды подтверждают целесообразность использования цитоплазматической мужской стерильности для получения высокогетерозисного эффекта как по урожайности зеленой массы, так и по основным признакам, влияющим на продуктивность.

Ключевые слова: сорго-суданковый гибрид, зеленая масса, урожайность, гетерозис, цитоплазматическая мужская стерильность, признак.

Для цитирования: Ковтунова Н. А., Романюкин А. Е., Ковтунов В. В., Ермолина Г. М., Шишова Е. А. Использование цитоплазматической мужской стерильности в селекции сорго на урожайность // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 14–20. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-14-20.



USE OF CYTOPLASMIC MALE STERILITY IN SORGHUM BREEDING FOR PRODUCTIVITY

N. A. Kovtunova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

A. E. Romanyukin, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;

V. V. Kovtunov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

G. M. Ermolina, Candidate of Agricultural Sciences, technician-researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-0168-5966;

E. A. Shishova, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622
FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The productivity increase of many agricultural crops is associated with the production of heterotic hybrid forms that are more productive than conventional varieties. In order to obtain a heterotic effect and develop hybrid seeds in sorghum breeding practice, the phenomenon of cytoplasmic male sterility is used. The purpose of the current work

was to study new sorghum-Sudan hybrids developed on the basis of CMS, and to determine heterosis according to the main economically valuable traits that affect green mass productivity. The study was carried out in the Agricultural Research Center "Donskoy" in 2020–2022. The objects of the study were the sorghum-Sudanese hybrids studied in the competitive variety testing. Sowing and field observations were carried out according to generally accepted methods. The meteorological conditions during the years of study (2020–2022) varied significantly, which made it possible to conduct a comprehensive estimation of hybrids in contrasting conditions. According to the study carried out according to the main traits (length of "sprouts-heading stage" period, plant height, length of the 3rd leaf and number of leaves per plant), which affect the productivity of sorghum-Sudan hybrids, there has been established a high heterotic effect. Hybrids developed on the basis of CMS had a green mass productivity of 3557–5949 g/m² for two cuts. Hypothetical heterosis ranged from 59.8 to 144.3 %, true heterosis was 22.1–95.1 %. According to the green mass productivity, the hybrids 'APV-1115 x Kudesnitsa', 'APV-1115 x Svetloplenchataya 2', 'APV-1115 x ChT-22', 'Dzhetta x ChT-22' were the best ones, exceeding the standard on 755–1384 g/m² or by 16.5–30.3 %. The identified hybrids have confirmed the expediency of using cytoplasmic male sterility to obtain a highly heterotic effect both in terms of green mass productivity and in terms of the main traits that affect productivity.

Keywords: sorghum-Sudan hybrid, green mass, productivity, heterosis, cytoplasmic male sterility, trait.

Введение. Создание прочной кормовой базы – одна из главных проблем сельскохозяйственного производства. Решение данной задачи в любой почвенно-климатической зоне зависит от кормовых культур, которые дают высокие и стабильные урожаи с единицы площади при минимальных затратах. В засушливых регионах России, особенно на засоленных почвах, важное значение приобретает возделывание высокоурожайных, засухо- и солеустойчивых культур с хорошей отзывчивостью. К ним относится сорго и его гибриды.

Увеличение урожайности многих сельскохозяйственных культур связано с получением гетерозисных гибридных форм, более продуктивных, чем обычные сорта (Osawa-Martínez et al., 2021). При этом важно получить не только высокую урожайность, но и собрать в этом гибриде как можно больше признаков, отвечающих требованиям сельскохозяйственного производства (Zhang et al., 2023; Beyaz and Kir, 2020). Для получения гетерозисного эффекта и создания гибридных семян в селекционной практике сорго, кукурузы, сахарной свеклы используется явление цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) (Кибальник, 2019; Капустин и др., 2022). Латинское *sterilis* означает «бесплодный». У растений цитоплазматическая мужская стерильность проявляется в недоразвитии мужских половых клеток и вызывается действием определенных цитоплазматических генов, находящихся в пластидной или митохондриальной ДНК клетки.

Сорго-суданковые гибриды, созданные от скрещивания ЦМС-линий и сортов, линий суданской травы, помимо высокой засухоустойчивости и солевыносливости, по урожайности зеленой массы и сена занимают одно из первых мест среди кормовых культур, имеют высокие кормовые качества (Shkodina et al., 2019; Шишова и др., 2020). Они являются источником зеленого корма и сена. Зеленая масса, убранная до начала выметывания, содержит 14–16 % сырого протеина, в 100 кг ее содержится 18–20 кормовых единиц (Шишова и др., 2020). Гибриды могут быть использованы для приготовления высококачественного силоса, так как опережают в росте и развитии даже скороспелые сорта сахарного сорго.

Согласно исследованиям О.П. Кибальник (2019), С.И. Капустина и др. (2022), Е.А. Вертиковой и В.В. Пыльнева (2021) и других исследователей сорго-суданковые гибриды являются идеальным примером повышения урожайности в результате гетерозисного эффекта.

Цель работы: изучить новые сорго-суданковые гибриды, созданные на основе ЦМС, и определить гетерозис по основным хозяйственно ценным признакам, оказывающим влияние на урожайность зеленой массы.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2020–2022 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской». В качестве объекта исследований использованы сорго-суданковые гибриды, изучаемые в конкурсном испытании. Они созданы в АНЦ «Донской» в результате гибридизации ЦМС-линии сорго сахарного АПВ-1115, ЦМС-линий сорго зернового Деметра и Джетта и перспективных сортов суданской травы. В качестве стандарта был использован гибрид Густолистный (АПВ-1115 x Сочностебельная 2).

Посев и полевые наблюдения проводили по методике Государственного сортоиспытания (1989). Посев осуществляли в оптимальные сроки – 3–10 мая с нормой высева 1,6 млн всхожих семян на 1 га. Способ посева – рядовой. Площадь делянки – 21 м², повторность четырехкратная. Через каждые 10 делянок располагали стандарт Густолистный. Расположение делянок в опыте – систематическое.

Статистический анализ полученных данных проведен по методикам, изложенным Б.А. Доспеховым (2014). Величина гетерозиса (гипотетического ($G_{гип.}$), истинного ($G_{ист.}$) и конкурсного ($G_{конк.}$)) определена по методике Д.С. Омарова (1975).

Почва опытного участка представлена обыкновенным карбонатным черноземом с содержанием гумуса 3,2 % в пахотном слое. По плодородию и физико-химическим свойствам почва опытного участка благоприятна для выращивания сорго.

Метеорологические условия в годы исследований (2020–2022 гг.) значительно различались, что позволило провести всестороннюю оценку гибридов в контрастных условиях. Так, высокая температура воздуха в мае и хорошая увлажненность почвы в 2021 г. способ-

ствовали дружному и быстрому прорастанию семян, а в 2020 и 2022 гг., наоборот, пониженная температура привела к задержке всходов. Отсутствие осадков в июне 2020 и 2022 гг. и среднесуточная температура воздуха выше среднегодовы́х данных на 2,6–4,7 °С, или 12,6–22,9 %, привели к сокращению периода «всходы–выметывание» и, следовательно, снижению урожайности зеленой массы за первый укос. В целом за годы исследований средняя температура воздуха в течение вегетации была выше среднегодовы́х нормы. Наибольшая сумма осадков за период «май–сентябрь» отмечена в 2021 г. (273 мм при норме 268 мм). Значения ГТК указывают на среднюю засуху – в 2020 (0,68), 2022 (0,52) и недостаточное увлажнение – в 2021 году (0,82).

Результаты и их обсуждение. Подбор исходного материала для гибридизации – начальный и один из самых ответственных этапов в селекции растений (Шишова и др., 2020). Для создания сорго-суданковых гибридов в качестве опылителей подбирали перспективные сорта суданской травы, превышающие стандарт по урожайности зеленой массы и относящиеся к среднеранней и среднеспелой группам созревания (49–60 дн.). ЦМС-линии, используемые в наших исследованиях, уступают сортам как по урожайности зеленой массы и сухого вещества, так и по высоте растений (105–145 см), количеству листьев на растении (7–9 шт.) и длине 3-го листа (42–56 см) (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика родительских форм по основным хозяйственно ценным признакам (2020–2022 гг.)
Table 1. Characteristics of parental forms according to the main economically valuable traits (2020–2022)

Признак		Лимиты		Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
		min	max			
Продолжительность периода «всходы–выметывание», дни	сорт	49	55	52	2	3,9
	линия	50	60	55	5	9,1
Высота растений, см	сорт	181	218	202	10	5,1
	линия	105	145	123	20	16,3
Количество листьев, шт.	сорт	8	10	9	1	7,9
	линия	7	9	8	1	13,9
Длина 3-го листа, см	сорт	60	76	68	6	8,4
	линия	42	56	51	8	15,8
Урожайность зеленой массы, г/м ²	сорт	2388	3380	3072	308	10,0
	линия	1350	2200	1767	425	24,0

Установлено слабое варьирование изученных признаков у сортов ($V = 3,9–10,0\%$). У ЦМС-линий наблюдалось слабое варьирование по продолжительности периода «всходы–выметывание» ($V = 9,1\%$), среднее – по длине ($V = 15,8\%$) и количеству листьев ($V = 13,9\%$), урожайности зеленой массы ($V = 24,0\%$), сильное – по урожайности сухого вещества у сортов ($V = 35,0\%$).

Урожайность зеленой массы – это масса стеблей и листьев с единицы площади. Согласно проведенному ранее корреляционному анализу установлено, что на нее наибольшее влияние оказывают продолжительность вегетационно-

го периода, количество листьев, их размеры и высота растений (Ковтунова и др., 2022).

Полученные гибриды по продолжительности вегетационного периода относятся к среднеранней (50–54 дня – 4 гибрида) и среднеспелой группам созревания (55–60 дней – 9 гибридов). Наибольшие значения признака отмечены у гибридов АПВ-1115 х Светлопленчатая 2 (58 дн.), Джетта х ЧТ-22 (59 дн.), Густолистный (60 дн.). Средне-групповые значения у гибридов с ЦМС-линией АПВ-1115 и Джетта имели близкие значения (57–58 дн.), у гибридов с Деметрой данный период был значительно короче (52 дня) (табл. 2).

Таблица 2. Хозяйственно ценные признаки сорго-суданковых гибридов (2020–2022 гг.)
Table 2. Economically valuable traits of the sorghum-Sudan hybrids (2020–2022)

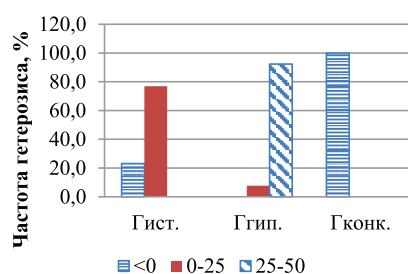
Гибриды	Период «всходы–выметывание», дни	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Длина листа, см	Урожайность зеленой массы, г/м ²
Густолистный, st	60	201	9	62	4565
АПВ-1115 х Кудесница	57	212	11	72	5376
АПВ-1115 х Светлопленчатая 2	58	211	14	68	5949
АПВ-1115 х Светлопленчатая 4	57	219	12	77	4640
АПВ-1115 х Землярина	57	209	11	73	4392
АПВ-1115 х ЧТ-22	56	217	13	75	5320
Деметра х Светлопленчатая 4	54	223	10	76	4389
Деметра х Тополек 576	52	211	10	70	4115
Деметра х Яктик	50	220	10	66	3557
Деметра х ЧСС-2	51	212	10	69	4107

Продолжение табл. 2

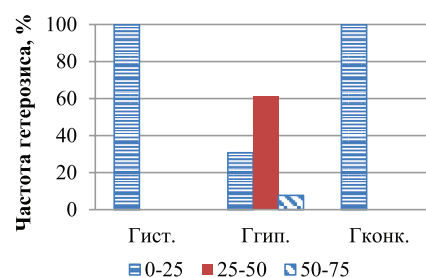
Гибриды	Период «всходы– выметывание», дни	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Длина листа, см	Урожайность зеленой массы, г/м ²
Джетта х ЧСС-2	56	218	10	68	3813
Джетта х Яктик	57	230	10	71	4587
Джетта х ЧТ-22	59	216	12	72	5720
среднее	56	215	11	71	4656
sx	3	7	1	4	703
гибриды с линией АПВ-1115	58	212	12	71	5040
гибриды с линией Деметра	52	217	10	70	4042
гибриды с линией Джетта	57	221	11	70	4707

Гипотетический гетерозис проявился у всех гибридов, гетерозис в интервале 25–50 % отмечен у 92,3 % от общего числа изученных гибридов. Истинный гетерозис отмечен у 77,0 % гиб-

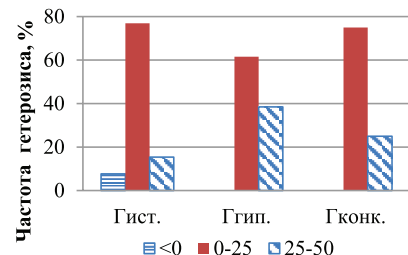
ридов (рис. 1, А). По сравнению со стандартом Густолистный все гибриды созревали быстрее его, конкурсный гетерозис имел отрицательные значения (–1,7...–17,3 %).



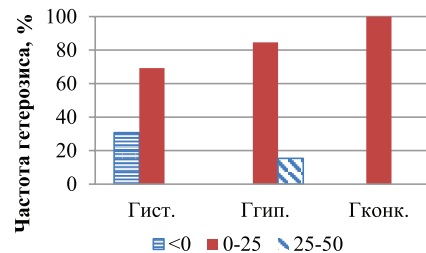
А



Б



В



Г

Рис. 1. Частота проявления гетерозиса у сорго-суданковых гибридов по: А – продолжительности периода «всходы–выметывание», Б – высоте растений, В – количеству листьев на растении, Г – площади 3-го листа (2020–2022 гг.)

Fig. 1. The frequency of heterosis in the sorghum-Sudan hybrids according to:

А – length of the “sprouts-heading stage” period, Б – plant height, В – number of leaves per plant, Г – area of the 3rd leaf (2020–2022)

Для селекционеров наибольший интерес представляют гибриды с отрицательным эффектом гетерозиса по данному показателю. Наименьшая продолжительность вегетационного периода отмечена у гибридов Деметра х Яктик (50 дн., $\Gamma_{\text{конк.}} = -17,2\%$), Деметра х ЧСС-2 (51 дн., $\Gamma_{\text{конк.}} = -15,0\%$), Деметра х Тополек 576 (55 дн., $\Gamma_{\text{конк.}} = -13,3\%$).

Высота растений у гибридов варьировала в интервале 201 (Густолистный) – 230 (Джетта х Яктик). Наибольшее среднерупповое значение отмечено у гибридов с линией Джетта (221 см). По высоте растений абсолютно у всех гибридов наблюдаются высокие значения истинного гетерозиса (в интервале 0–25%) и ги-

потетического (в интервале 25–50 % – у 61,5 % от общего числа гибридов в опыте) (рис. 1, Б). Стандарт Густолистный превысили все гибриды, значения конкурсного гетерозиса варьировали в пределах 10–21 %. Наибольшее превышение над стандартом наблюдалось у гибридов Джетта х Яктик (21,0 %), Деметра х Светлопленчатая 2 (17,4 %), Деметра х Яктик (15,8 %) и АПВ-1115 х Светлопленчатая 2 (15,3 %) и имели высоту растений 219–230 см.

Количество листьев на растении у гибридов значительно различалось – от 9 до 14 шт. Наибольшее среднерупповое значение отмечено в комбинациях, у которых в качестве материнской формы выступила ЦМС-линия

АПВ-1115 (12 шт.). Гетерозис истинный и гипотетический у большинства гибридов имел значения в интервале 0–25 % (76,9 и 61,5 % соответственно) (рис. 1, В). Превысили стандарт и имеют наибольшие абсолютные значения и конкурсный гетерозис гибриды АПВ-1115 х Светлопленчатая 2 (14 л. и 50,5 %), АПВ-1115 х ЧТ-22 (13 л. и 39,8%), АПВ-1115 х Светлопленчатая 4 (12 л. и 27,2 %), Джетта х ЧТ-22 (12 л. и 23,7 %).

Длина листа у гибридов имела значения 62–77 см. У всех гибридов отмечено превышение над средне-родительским значением с преобладанием интервала 0–25 % (84,6 % гибридов) и у 69,2 % – превышение над большим родителем (интервал 0–25 %) (рис. 1, Г). Гибриды АПВ-1115 х Кудесница (72 см), АПВ-1115 х ЧТ-22 (75 см), Деметра х Светлопленчатая 4 (76 см) сформировали наибольшую длину листа и значительно превосходили стандарт ($\Gamma_{\text{конк.}}$ = 23,0–24,2 %).

Повышение урожайности – главная задача селекционеров. Использование эффекта

гетерозиса является основным и самым надежным способом решения данной проблемы. Гетерозис по урожайности наблюдается в различной степени у всех сельскохозяйственных культур (Кривошеев и др., 2020; Костылев и Костылева, 2020). У гибридов второго поколения этого эффекта уже нет.

Гибриды, полученные на основе ЦМС, имели урожайность зеленой массы в сумме за два укоса 3557–5949 г/м². Все гибриды проявили гетерозис, что согласуется с исследованиями С.И. Капустина и др. (2022), N. Kovtunova et al. (2020), О.П. Кибальник (2019), у которых максимальный эффект у сорго наблюдался по урожайности. Гипотетический гетерозис имел значения от 59,8 до 144,3 % (преобладание интервала 75–100 % – у 46,2 % гибридов от общего числа). Превышение над большим родителем (сортом суданской травы) составило 22,1–95,1 %, у 53,8 % значения $\Gamma_{\text{ист.}}$ находились в интервале 25–50 % (рис. 2).

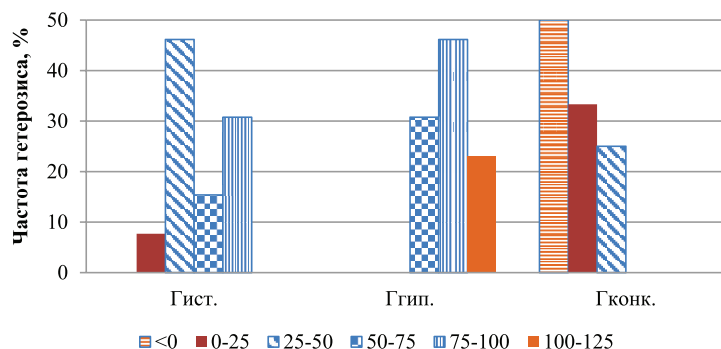


Рис. 2. Частота проявления гетерозиса у сорго-суданковых гибридов по урожайности зеленой массы (2020–2022 гг.)

Fig. 2. The frequency of heterosis in the sorghum-Sudan hybrids according to green mass productivity (2020–2022)

Наибольшие значения гипотетического, истинного и конкурсного гетерозиса отмечены у гибридов АПВ-1115 х Кудесница (92,7; 59,1 и 17,8 %), АПВ-1115 х Светлопленчатая 2 (120,6; 86,8 и 30,3 %), АПВ-1115 х ЧТ-22 (107,3; 81,5 и 16,5 %), Джетта х ЧТ-22 (144,3; 95,1 и 25,3 %). Они превысили стандарт (4565 г/м²) по урожайности зеленой массы

на 755–1384 г/м², или на 16,5–30,3 %. Кроме того, по всем изученным признакам у них отмечено превышение над стандартом Густолистный, кроме продолжительности периода «всходы–выметывание», созревание у них наступает раньше на 1–4 дня. Это подтверждают значения конкурсного гетерозиса (табл. 3).

Таблица 3. Конкурсный гетерозис по основным хозяйственно ценным признакам у перспективных сорго-суданковых гибридов (2020–2022 гг.)

Table 3. Competitive heterosis according to the main economically valuable traits in the promising sorghum-Sudan hybrids (2020–2022)

Гибриды	Период «всходы–выметывание», дни	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Длина листа, см	Урожайность зеленой массы, г/м ²
АПВ-1115 х Кудесница	–4,4	11,75	21,86	15,59	17,77
АПВ-1115 х Светлопленчатая 2	–3,3	10,96	50,54	9,14	30,32
АПВ-1115 х ЧТ-22	–6,7	14,21	39,78	20,97	16,54
Джетта х ЧТ-22	–1,7	13,68	23,66	16,13	25,30

Выводы. Согласно проведенным исследованиям по основным признакам (продолжи-

тельности периода «всходы–выметывание», высота растений, длина 3-го листа и количе-

ство листьев на растении), оказывающим влияние на продуктивность сорго-суданковых гибридов, выявлен высокий гетерозисный эффект. Гибриды, полученные на основе ЦМС, имели урожайность зеленой массы в сумме за два укоса 3557–5949 г/м². Гипотетический гетерозис имел значения от 59,8 до 144,3 %, истинный – 22,1–95,1 %. По урожайности зеленой массы выделились гибриды АПВ-1115

х Кудесница, АПВ-1115 х Светлопленчатая 2, АПВ-1115 х ЧТ-22, Джетта х ЧТ-22, превысившие стандарт на 755–1384 г/м², или на 16,5–30,3 %. Выделенные гибриды подтверждают целесообразность использования цитоплазматической мужской стерильности для получения высокогетерозисного эффекта как по урожайности зеленой массы, так и по основным признакам, влияющим на продуктивность.

Библиографические ссылки

1. Вертикова Е. А., Пыльнев В. В. Использование гетерозиса в селекции сорговых культур для условий Нижнего Поволжья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 91. С. 51–57. DOI: 10.21515/1999-1703-91-51-57.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Гетерозисная селекция гибридов сорго и суданской травы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3(31). С. 76–84.
4. Кибальник О. П. Использование эффекта гетерозиса в селекции сорго // Вестник НГАУ. 2019. № 2. С. 15–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24.
5. Ковтунова Н. А., Романюкин А. Е., Ковтунов В. В., Кравченко Н. С. Параметры адаптивности и изменчивости урожайности и качества зеленой массы суданской травы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 58–62. DOI: 10.31857/2500-2082-2022/6/58-62.
6. Костылев П. И., Костылева Л. М. Изучение продуктивности гибридов на стерильной основе зернового белозерного сорго // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 4(94). С. 49–52. DOI: 10.23670/IRJ.2020.94.4.008.
7. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А., Игнатьев А. С. Результаты и перспективы селекции кукурузы в Аграрном научном центре «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6. С. 32–38. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-32-38>.
8. Шишова Е. А., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А. Подбор родительских пар и изучение новых сорго-суданковых гибридов // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4(70). С. 65–68. doi:10.31367/2079-8725-2020-70-4-65-68.
9. Beyaz R., Kir H. Physio-biochemical analyses in seedlings of sorghum-sudangrass hybrids that are grown under salt stress under in vitro conditions // Turkish Journal of Biochemistr. 2020. Vol. 45, № 2. DOI: 10.1515/tjb-2018-0552.
10. Kovtunova N., Kovtunov V., Popov A., Volodin A., Shishova E., Romanyukin A. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F₁ // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175, Article number: 01012. doi.org/10.1051/e3sconf/202027501012.
11. Osawa-Martínez E., Minjarez B., Rodríguez-Yáñez Y., Reza-Zaldivar E., Canales-Aguirre A., Mena-Munguía S. Comparative proteomic analysis of hybrid maize MR2008 and its parental lines // The Journal of Agricultural Science. 2021. Vol. 159(7–8), P. 570–579. DOI: 10.1017/S0021859621000812.
12. Shkodina E., Balun O., Kapustin S., Volodin A., Kapustin A. Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region // Indo American journal of pharmaceutical science. 2019. Vol. 6, №. 7. P. 13810–13815. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541.
13. Zhang Y., Xinqi F., Du L., Qi G., Xiaojuan Zh., Xiaojuan Zh., Mengen N., Chunhong L., Shan M., Xianggui Zh., Peng X., Wenqi G., Huiyan W., Qingshan L., Yuxiang W. The Identification of a Yield-Related Gene Controlling Multiple Traits Using GWAS in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) // Plants. 2023. Vol. 12, Article number: 1557. DOI: 10.3390/plants12071557.

References

1. Vertikova E.A., Pyl'nev V.V. Ispol'zovanie geterozisa v selektsii sorgovykh kul'tur dlya uslovii Nizhnego Povolzh'ya [Use of heterosis in the breeding of sorghum crops for the conditions of the Lower Volga region] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 91. S. 51–57. DOI: 10.21515/1999-1703-91-51-57.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Use of heterosis in the breeding of sorghum crops for the conditions of the Lower Volga region]: Uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Kapustin S.I., Volodin A.B., Kapustin A.S. Geterozisnaya selektsiya gibridov sorgo i sudanskoi travy [Heterotic breeding of hybrids of sorghum and Sudan grass] // Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2022. № 3(31). S. 76–84.
4. Kibal'nik O.P. Ispol'zovanie effekta geterozisa v selektsii sorgo [Use of the effect of heterosis in sorghum breeding] // Vestnik NGAU. 2019. № 2. S. 15–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24.
5. Kovtunova N.A., Romanyukin A.E., Kovtunov V.V., Kravchenko N.S. Parametry adaptivnosti i izmenchivosti urozhainosti i kachestva zelenoi massy sudanskoi travy [Parameters of adaptability and variability of productivity and quality of the green mass of Sudan grass] // Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaystvennoi nauki. 2022. № 6. S. 58–62. DOI: 10.31857/2500-2082-2022/6/58-62.
6. Kostylev P.I., Kostyleva L.M. Izuchenie produktivnosti gibridov na steril'noi osnove zernovogo belozernogo sorgo [Study of the hybrids' productivity on a sterile basis of white-grain sorghum] //

Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2020. № 4(94). S. 49–52. DOI: 10.23670/IRJ.2020.94.4.008.

7. Krivosheev G. Ya., Shevchenko N.A., Ignat'ev A.S. Rezul'taty i perspektivy selektsii kukuruzy v Agrarnom nauchnom tsentre «Donskoi» [Results and prospects of maize breeding in the Agricultural Research Center “Donskoy”] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 6. S. 32–38. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-32-38>.

8. Shishova E.A., Kovtunov V.V., Kovtunova N.A. Podbor roditel'skikh par i izuchenie novykh sorgo-sudankovykh gibridov [Selection of parental pairs and study of new sorghum-Sudan hybrids] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 4(70). S. 65–68. DOI:10.31367/2079-8725-2020-70-4-65-68.

9. Beyaz R., Kir H. Physio-biochemical analyses in seedlings of sorghum-sudangrass hybrids that are grown under salt stress under in vitro conditions // Turkish Journal of Biochemistr. 2020. Vol. 45, № 2. DOI: 10.1515/tjb-2018-0552.

10. Kovtunova N., Kovtunov V., Popov A., Volodin A., Shishova E., Romanyukin A. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F₁ // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175, Article number: 01012. doi.org/10.1051/e3sconf/202027501012.

11. Osawa-Martínez E., Minjarez B., Rodríguez-Yáñez Y., Reza-Zaldivar E., Canales-Aguirre A., Mena-Munguía S. Comparative proteomic analysis of hybrid maize MR2008 and its parental lines // The Journal of Agricultural Science. 2021. Vol. 159(7–8), P. 570–579. DOI: 10.1017/S0021859621000812.

12. Shkodina E., Balun O., Kapustin S., Volodin A., Kapustin A. Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region // Indo American journal of pharmaceutical science. 2019. Vol. 6, №. 7. P. 13810–13815. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541.

13. Zhang Y., Xinqi F., Du L., Qi G., Xiaojuan Zh., Xiaojuan Zh., Mengen N., Chunhong L., Shan M., Xianggui Zh., Peng X., Wenqi G., Huiyan W., Qingshan L., Yuxiang W. The Identification of a Yield-Related Gene Controlling Multiple Traits Using GWAS in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) // Plants. 2023. Vol. 12, Article number: 1557. DOI: 10.3390/plants12071557.

Поступила: 29.05.23.23; доработана после рецензирования: 30.06.23; принята к публикации: 30.06.23.

Критерии авторства. Авторы подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. – концептуализация исследований, подготовка рукописи, закладка и выполнение полевых опытов; Романюкин А.Е., Шишова Е.А. – анализ данных, подготовка данных; Ермолина Г.М. – закладка и выполнение полевых опытов, составление и анализ табличного материала.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.11:631.527:631.526.32(571.1)

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-21-27

СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И. В. Потоцкая, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, iv.pototskaya@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-3574-2875;

С. С. Шепелев, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией генетики зерновых культур, ss.shepelev@omgau.org, ORCID ID: 0000-0002-4282-8725;

А. С. Чурсин, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства полевых культур, as.chursin@omgau.org, ORCID ID: 0000-0001-6797-6145;

А. М. Ковальчук, аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, am.kovalchuk2032@omgau.org, ORCID ID: 0009-0006-8371-7243;

В. П. Шаманин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, vp.shamanin@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-4767-9957

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»

(ФГБОУ ВО Омский ГАУ),

644008, Омская обл., г. Омск, Институтская пл., д. 1

Расширение площадей посева озимой пшеницы является одним из резервов повышения производства зерна в Сибирском регионе, поскольку озимая пшеница на 15–20 % превосходит яровую по урожайности и обладает большим потенциалом в использовании биоклиматических ресурсов региона. Для селекции и успешного внедрения в производство новых сортов озимой пшеницы решающее значение имеет наличие источников хозяйственно ценных признаков и получение на их основе разнообразного исходного материала. Цель исследований – поиск источников хозяйственно ценных признаков из коллекции сортобразцов озимой пшеницы российской селекции в условиях Западной Сибири. Изучена коллекция сортов и линий озимой мягкой пшеницы российской селекции из учреждений Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского краев. Полевые и лабораторные исследования проведены в 2020–2022 гг. на опытном поле Омского ГАУ в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Посев проводили по пару в общепринятые сроки сева. По результатам селекционной оценки изученных образцов в полевых сезонах 2020–2022 гг. отмечена существенная связь между зимостойкостью растений и уровнем урожайности озимой пшеницы ($r = 0,59$), а также обратная взаимосвязь урожайности с содержанием клейковины ($r = -0,36$), показателями зольности зерна ($r = -0,73$) и седиментации ($r = -0,38$). Сорта Барыня (Северо-Кавказский ФНЦ), Губернатор Дона, Донна (Ростовский АНЦ), Дон 107, Находка (АНЦ Донской) и линия K18918 (НЦЗ им. П. П. Лукьяненко), характеризующиеся повышенной зимостойкостью (6,5–8 баллов) и урожайностью (351–384 г/м²) рекомендованы в качестве источников в селекции на повышение уровня и стабильности урожайности сортов озимой пшеницы в условиях Западной Сибири. Сорта краснодарской селекции Этнос, Анка, Гурт, Антонина, Алексеич и Дуплет с повышенным содержанием белка, клейковины (16,1–17,9 % и 35,5–39,3 %), высокими показателями зольности зерна и седиментации (1,59–1,92 % и 58,0–67,0 мл) целесообразно использовать как исходный материал в селекции на улучшение качества зерна озимой пшеницы.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, зимостойкость, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Потоцкая И. В., Шепелев С. С., Чурсин А. С., Ковальчук А. М., Шаманин В. П. Селекционная оценка сортобразцов озимой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 21–27. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-21-27.



BREEDING ESTIMATION OF THE WINTER WHEAT VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

I. V. Pototskaya, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of agronomy, breeding and seed production, iv.pototskaya@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-3574-2875;

S. S. Shepelev, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for grain crop genetics, ss.shepelev@omgau.org, ORCID ID: 0000-0002-4282-8725;

A. S. Chursin, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for field crops' breeding and seed production, as.chursin@omgau.org, ORCID ID: 0000-0001-6797-6145;

A. M. Kovalchuk, post-graduate of the department of agronomy, breeding and seed production, am.kovalchuk2032@omgau.org, ORCID ID: 0009-0006-8371-7243;

V. P. Shamanin, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of agronomy, breeding and seed production, vp.shamanin@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-4767-9957

FSBEI HE "Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin" (FSBEI HE Omsk SAU), 644008, Omsk region, Omsk, Institutskaya Sq., 1

The expansion of winter wheat sowing areas is one of the reserves for increasing grain production in the Siberian region, since the areas under winter wheat is 15–20 % larger than under spring wheat according to productivity and has great potential in using bioclimatic resources of the region. the availability of sources of economically valuable traits and the development of various initial material on their basis is of decisive importance for breeding of new winter

wheat varieties and their successful introduction into production. The purpose of the current paper was to find sources of economically valuable traits from the collection of winter wheat varieties of Russian breeding in the conditions of Western Siberia. There has been studied a collection of varieties and lines of winter common wheat of Russian breeding from the institutions of the Rostov region, Stavropol, and Krasnodar Areas. Field and laboratory trials were carried out on the experimental field of the Omsk SAU in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia in 2020–2022. Sowing was laid in fallow at the generally accepted sowing dates. According to the breeding estimation of the studied samples in the field seasons of 2020–2022 there was a significant correlation between winter resistance of plants and winter wheat productivity ($r = 0.59$), as well as an inverse correlation between productivity and gluten percentage ($r = -0.36$), grain ash content ($r = -0.73$) and sedimentation ($r = -0.38$). The varieties 'Barynya' (North Caucasian FNAC), 'Gubernator Dona', 'Donna' (Rostov ARC), 'Don 107', 'Nakhodka' (ARC "Donskoy") and the line 'K18918' (RCG named after P.P. Lukyanenko), characterized by increased winter resistance (6.5–8 points) and productivity (351–384 g/m²) have been recommended as sources in breeding to improve productivity level and stability of winter wheat varieties in the conditions of Western Siberia. The varieties 'Etnos', 'Anka', 'Gurt', 'Antonina', 'Aleksich' and 'Duplet' of Krasnodar breeding with a high protein and gluten percentage (16.1–17.9 % and 35.5–39.3 %), large grain ash content and sedimentation (1.59–1.92 % and 58.0–67.0 ml) can be used as an initial material in breeding to improve the quality of winter wheat grain.

Keywords: winter wheat, variety, winter resistance, productivity, grain quality.

Введение. Одним из резервов повышения производства зерна в Сибирском регионе является расширение площадей посева озимой пшеницы является, так как озимая пшеница на 15–20 % превосходит яровую по урожайности и обладает большим потенциалом в использовании биоклиматических ресурсов региона. В структуре посевных площадей она может занимать до 15 %. Однако в связи с сильной уязвимостью в условиях переувлажнения и засухи в конце мая – начале июня озимая пшеница имеет ограниченное распространение в Западной Сибири. Создание высокозимостойких сортов – сложная задача. Это связано со слабой изученностью генетики морозо- и зимостойкости, многообразием повреждающих факторов, разнообразным сочетанием этих факторов в течение одного вегетационного периода, трудностью соединения в одном генотипе высокого уровня устойчивости к стрессам, продуктивности и короткостебельности (Борадулина и Мусалитин, 2018). Растения озимой пшеницы должны выдерживать на глубине узла кущения –18 °C, а также длительное залегание притертой ледяной корки, негативное действие возвратных весенних заморозков. В ФГБНУ «АНЦ «Донской» значительного прогресса в селекции на зимостойкость удалось достичь при скрещивании среднезимостойких родительских форм. В таких популяциях выщеплялись трансгрессивные рекомбинанты, существенно превышавшие по зимостойкости родителей (Грабовец и Фоменко, 2015). Выявлена четкая связь между параметрами роста листьев и морозостойкостью, что свидетельствует об определенном уровне генетической адаптации к прекращению роста в условиях низких температур (Jaškune et al., 2022). Разработаны имитационные модели, дающие

прогноз по морозостойкости и выживаемости растений озимой пшеницы – модели FROSTOL, PLSS (Partial Least Squares Regression) (Olsen et al., 2018), позволяющие рассчитать выживаемость растений в зимний период при разных сценариях изменения климата. За последние 50 лет урожайность озимой пшеницы в нашей стране и в других странах мира удвоилась и даже утроилась. Это произошло за счет сортосмены более продуктивными и лучше приспособленными к местным условиям сортами (Скрипка и др., 2020). Например, в Национальном центре зерна им. П.П. Лукьяненко урожайность сортов озимой пшеницы достигает 13,0 т/га на фоне базовых технологий (Боровик и др., 2021). В Западной Сибири в ФГБНУ «Омский АНЦ» получены новые сорта озимой пшеницы Прииртышская и Прииртышская 2, отличающиеся высокой урожайностью, зимостойкостью и устойчивостью к полеганию (Кашуба и др., 2020). Для дальнейшей селекции и успешного внедрения в производство новых сортов озимой пшеницы решающее значение имеет наличие источников хозяйственно ценных признаков и получение на их основе разнообразного исходного материала. Поэтому селекционная работа по этой культуре, а также создание исходного материала и его тщательная проработка актуальны и значимы.

Цель исследований – поиск источников хозяйственно ценных признаков из коллекции сортообразцов озимой пшеницы российской селекции в условиях Западной Сибири.

Материалы и методы исследований. Сорта и линии озимой мягкой пшеницы российской селекции из учреждений Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского края изучали на малом опытном поле Омского ГАУ в 2020–2022 гг. (табл. 1).

Таблица 1. Происхождение коллекции сортообразцов озимой пшеницы
Table 1. Origin of the collection of winter wheat variety samples

Сорт, линия	Год включения в Госреестр	Оригинатор	Родословная	Разновидность
Барыня	2020	ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», Ставропольский край	Внутрив. гибр. с Прикумской 115, Донской безостой, Юбилейной 75	Эритроспермум

Продолжение табл. 1

Сорт, линия	Год включения в Госреестр	Оригинатор	Родословная	Разновидность
Губернатор Дона	2008	ФГБНУ «Федеральный Ростовский АНЦ», Ростовская область	Альбатрос одесский / Харьковская 82 // Украинка одесская	Эритроспермум
Донна	2012		Тарасовская 97 / Прима одесская	Эритроспермум
Донэра	2015		Северодонецкая юбилейная / Зерноградка 9	Эритроспермум
Донская юбилейная	1994	ФГБНУ «АНЦ Донской», Ростовская область	Донская безостая / Донская полукарликовая	Эритроспермум
Донской Маяк	2000		172/86 (538/80 / Донская безостая) // 1416/83 (1279/74 / 1360/76)	Лютесценс
Донской сюрприз	2003		Зерноградка 3 / 1656/83 // Зерноградка 8	Лютесценс
Конкурент	2004		Скифянка / Линия-1406-90	Лютесценс
Танаис	2006		Донская юбилейная // 2030 / 85 / Спартанка	Лютесценс
Ростовчанка 5	2008		Донецкая юбилейная / Дарунок	Лютесценс
Дон 107	2010		Дон 95 / Зарница	Эритроспермум
Ростовчанка 7	2011		Подарок Дону // Зерноградка 8 / 1659/90	Эритроспермум
Находка	2015		Зерноградка 8 / 1659/90 // 1116/97	Лютесценс
Гром	2010		2919-к-3 / TS-1171-D 2919к-3 // TS-1171-95	Лютесценс
Этнос	2012		Крошка / Подарок Дону // Зимородок	Лютесценс
К 18918	–	ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко», Краснодарский край	–	Лютесценс
Л 2293 К 2-4	–		–	Лютесценс
Анка	2016		Московская 39 / Терция	Лютесценс
Гурт	2016		Таня / Frontana	Лютесценс
Антонина	2016		Лютесценс 94-409а656-2 / линия Отзим.	Лютесценс
Алексеич	2017		Лютесценс 2935к51 / Фортуна	Лютесценс
Граф	2018		Лютесценс 2184 h 31 / Фортуна // Лютесценс 2173 h 69	Лютесценс
Дуплет	2018		Линия 94-247а655-1 / Москвич	Лютесценс
Маркиз	2019		Иришка / Юнона	Лютесценс
Безостая 1, st	1959		Лютесценс 17 / Скороспелка 2	Лютесценс
Омская 4, st	2001	ФГБНУ «Омский АНЦ»	Мироновская 25 / Саратовская 8	Лютесценс

Посев сортообразцов озимой пшеницы проводили сеялкой ССФК-7 на глубину 4–5 см, площадь деланки 3 м² в 2-кратной повторности. Способ посева – рядовой, норма высева – 500 зерен на 1 м². В качестве стандартов использовали сорт местной селекции Омская 4 и шедевр мировой селекции – сорт Безостая 1. Фенологические наблюдения, оценку зимостойкости, засухоустойчивости и устойчивости к снежной плесени коллекционных образцов проводили по 9-балльной шкале в соответствии с методическими рекомендациями ВИР (1985). Содержание белка, клейковины и зольность зерна определяли с помощью прибора Инфралюм ФТ-10М («Люмэкс», Россия); индекс глютена – на приборе GlutenIndexDevice-Y08; показатель седиментации – на аппарате седиментации Sedimentation Device-15 («YUCEBAS MACHINERY», Турция) (ГОСТ ISO 21415-2-2019, ГОСТ ISO 5529-2013). Вегетационный индекс (NDVI) измеряли с помощью прибора GreenSeeker с начала вегетации растений после перезимовки до фазы колошения – начала цветения через каждые семь дней. Оценка достоверности различий по наименьшей существенной разности при уровне значимости 5 % (НСР₀₅) и корреляционный анализ выполнены по общепринятой методике с использованием пакета прикладных статистических программ Microsoft Excel.

Гидротермические условия в годы проведения исследований складывались различно, что позволило достоверно оценить коллекционный материал по хозяйственно ценным признакам. Летний период 2021 г. характеризовался как сильно засушливый (ГТК = 0,40) с высокими среднесуточными температурами с мая по август; 2022 г. – слабозасушливый, с неравномерным распределением осадков (ГТК = 1,01), сумма осадков в мае составила 35 % от среднемноголетней. В зимний период в 2021/2022 гг. отмечено меньшее выпадение снега (112,2 см) в сравнении с 2020/2021 гг. (151,3 см), тогда как среднесуточные температуры существенно не отличались.

Результаты и их обсуждение. Морозо- и зимостойкость представляют собой признаки, имеющие полигенный контроль наследования и лимитирующие распространение сортов озимой пшеницы в условиях суровой перезимовки в Западной Сибири, на эти признаки влияют многие факторы окружающей среды, и прежде всего, экстремально низкие температуры и отсутствие снежного покрова в период перехода растений пшеницы в состояние покоя. В годы проведения исследований, в октябре–ноябре 2020 и 2021 гг., высота снежного покрова была низкой и составляла 8,4–8,5 см, что неблагоприятно сказалось на выживаемости растений. Коэффициент корреляции между

зимостойкостью и урожайностью составил 0,59 ($p \geq 0,05 = 0,37$). Сорта Барыня, Губернатор Дона, Донская юбилейная, Донской Маяк, Дон 107,

Находка, Гром, Дуплет и линия К 18918 имели зимостойкость на уровне местного стандарта Омская 4 – 7–8 баллов (табл. 2).

**Таблица 2. Урожайность и результаты полевой оценки
сортобразцов озимой пшеницы (2021–2022 гг.)
Table 2. Productivity and field estimation results
of the winter wheat variety samples (2021–2022)**

Сорт, линия	Вегетационный период, сут.	Зимостойкость, балл	Устойчивость к снежной плесени, балл	Засухоустойчивость, балл	Селекционная оценка, балл	Урожайность, г/м ²
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»						
Барыня	309	7,0	5,0	3,5	5,5*	351
ФГБНУ «Федеральный Ростовский Аграрный Научный Центр»						
Губернатор Дона	312	8,0*	5,0	5,0	5,5*	368*
Донна	307	6,5	6,5*	2,0	5,5*	367*
Донэра	307	6,0	6,5*	4,0	5,0	350
В среднем	309	6,8	6,0	3,7	5,3	362
ФГБНУ «АНЦ Донской»						
Донская юбилейная	308	7,0	7,0*	7,0*	3,5	259
Донской Маяк	309	7,0	2,5	4,5	5,5*	314
Донской сюрприз	310	5,5	4,0	6,0*	5,0	314
Конкурент	309	6,0	4,5	4,0	5,0	326
Ростовчанка 5	311	7,0*	6,0*	5,0	5,0	283
Дон 107	309	7,5*	3,0	4,5	7,0*	371*
Ростовчанка 7	310	6,0	4,0	6,0*	4,5	185
Танаис	308	4,5	2,5	4,5	4,5	305
Находка	310	7,5*	4,5	5,5*	4,5	384*
В среднем	309	6,2	4,4	5,2	4,9	305
ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко»						
Гром	313	7,0	3,5	2,5	4,0	317
Этнос	311	6,5	4,5	3,0	4,5	252
К 18918	310	8,0*	6,0*	5,0	5,5*	358
Л 2293 К 2-4	311	6,5	4,5	5,0	5,0	319
Анка	310	6,0	5,5*	3,0	4,0	225
Гурт	313	5,0	4,5	2,5	3,5	217
Антонина	312	5,0	3,5	2,5	3,5	115
Алексеич	312	5,0	4,5	2,5	3,5	207
Граф	314	5,5	3,5	3,5	3,0	245
Дуплет	313	7,0	3,5	2,5	3,0	202
Маркиз	309	5,0	4,0	3,0	3,5	159
В среднем	312	6,0	4,3	3,2	3,9	238
Безостая 1, st	311	6,0	5,0	5,0	4,5	339
Омская 4, st	313	7,0	5,0	5,0	5,0	340
НСР ₀₅	1,72	0,37	0,49	0,54	0,38	27,0

Примечание. * – достоверное превышение над стандартом Омская 4.

В целом у сортобразцов «АНЦ Донской» и «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» в условиях южной лесостепи Западной Сибири отмечены более низкая зимостойкость (6,2 и 6 баллов) и большая восприимчивость к снежной плесени (4,4 и 4,3 балла), что негативно сказалось на их итоговой урожайности – 305 и 238 г/м² соответственно. Генотипические особенности и различия в реакции адаптивности сортобразцов обусловили высокую вариабельность признака урожайности – 115–384 г/м². Генотипы Барыня, Губернатор Дона, Донна, Дон 107, Находка и линия К18918, характеризующиеся повышенной зимостойкостью (6,5–8,0 баллов) и урожайностью (351–384 г/м²), могут быть рекомендо-

ваны в качестве источников в селекции на повышение величины и стабильности урожайности сортов озимой пшеницы в условиях Западной Сибири.

В летние сезоны 2021 и 2022 гг. сложились неблагоприятные условия для развития растений из-за сочетания почвенной и воздушной засухи, это также способствовало ускорению вегетационного периода сортобразцов. Продолжительность периода вегетации среднеранних сортобразцов составила 307–311 сут. и среднеспелых – 312–314 сут. Следует отметить повышенную засухоустойчивость сортобразцов селекции «АНЦ Донской» – 5,2 балла. Вегетационный индекс (NDVI) является важным

селекционным показателем, характеризующим накопление биомассы в процессе вегетации, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам и потенциальный уровень урожайности (Строчак и др., 2018). В наших исследованиях индекс NDVI варьировал от 0,25 до 0,69; установлена средняя положительная связь между этим индексом и урожайностью изученных сортов образцов в фазу кущения – $r = 0,49$ и фазу «колошение – начало цветения» – $r = 0,46$ ($p \leq 0,05 = 0,37$). Выделены сорта и линии озимой пшеницы с максимальными значениями вегетационного индекса и более плавной динамикой накопления биомассы ($NDVI = 0,41–0,69$): Барыня, Донна, Донэра, Донской сюрприз, Дон 107, Находка, Губернатор Дона, Л2293, К18918, сформировавшие наиболее высокую урожайность в условиях Западной Сибири – 319–384 г/м².

Увеличение спроса на пшеницу более высокого качества актуально из-за роста численности населения в мире и конкуренции на мировом рынке пшеницы. Высокое содержание белка в зерне является не только важной характеристикой с точки зрения питательной ценности зерна, но и его состав высокомолекулярных субъединиц глютеина напрямую влияет на качество хлеба и хлебобулочных изделий (Miroslavljevic et al., 2020). Сорта красnodарской селекции отличались высоким содержанием белка и клейковины (в среднем 16,6 и 36,1 % соответственно). Зольность зерна как косвенный показатель содержания микроэлементов, в первую очередь Cu, Fe, Zn, необходимых для улучшения нутриентного профиля зерна, выше у сортов образцов селекции «АНЦ Донской» и «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» – 1,66 и 1,68 % соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика технологических признаков зерна сортов образцов озимой пшеницы (2021–2022 гг.)
Table 3. Characteristics of technological traits of grain of the winter wheat variety samples (2021–2022)

Сорт, линия	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Зольность зерна, %	Индекс глютеина, %	SDS-седиментация, мл
ФГБУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»					
Барыня	15,9	35,1	1,33	96,8	55,5
ФГБУ «Федеральный Ростовский Аграрный Научный Центр»					
Губернатор Дона	14,5	30,0	1,33	98,5*	57,1*
Донна	17,4*	38,3*	1,39	98,4*	54,5
Донэра	16,7*	36,5*	1,51	97,4	59,6*
В среднем	16,2	34,9	1,41	98,1	57,1
ФГБУ «АНЦ Донской»					
Донская юбилейная	14,5	29,0	1,75*	98,2	67,0*
Донской Маяк	15,2	30,9	1,78*	98,8*	66,0*
Донской сюрприз	14,9	28,5	1,69*	95,5	67,0*
Конкурент	15,7	33,9	1,56	97,8	63,2*
Ростовчанка 5	15,6	32,9	1,68*	96,9	53,0
Дон 107	15,1	29,9	1,52	95,7	55,2
Ростовчанка 7	15,3	33,2	1,73*	98,2	70,0*
Танаис	16,9*	35,4*	1,68*	97,3	62,5*
Находка	16,5*	32,5	1,52	85,2	67,0*
В среднем	15,5	31,8	1,66	95,9	63,4
ФГБУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»					
Гром	16,2*	35,5*	1,46	91,0	56,7*
Этнос	16,9*	37,9*	1,59	96,8	68,0*
К 18918	16,8*	35,0*	1,64*	91,5	55,3
Л 2293 К 2-4	16,4*	34,9*	1,47	90,2	55,3
Анка	17,9*	38,3*	1,78*	95,2	64,5*
Гурт	16,7*	36,6*	1,92*	96,1	67,0*
Антонина	17,7*	39,3*	1,81*	90,2	58,0*
Алексеич	16,1	36,5*	1,64*	97,8	59,5*
Граф	15,6	35,0*	1,63*	98,4*	65,5*
Дуплет	16,2*	35,5*	1,90*	98,7*	66,0*
Маркиз	15,6	32,0	1,64*	91,0	55,7*
В среднем	16,6	36,1	1,68	94,3	61,0
Безостая 1, st	15,6	32,9	1,47	97,2	57,5
Омская 4, st	15,8	32,9	1,55	96,9	53,4
НСР ₀₅	0,37	1,19	0,07	1,47	2,28

Примечание. * – достоверное превышение над стандартом Омская 4.

Все коллекционные сортообразцы характеризовались высокими показателями индекса глютена и седиментации (94,3–98,1 % и 55,5–63,4 мл), это свидетельствует об их высоком хлебопекарном качестве – на уровне признанного стандарта отличного хлебопекарного качества сорта Безостая 1 (97,2 % и 57,5 мл соответственно). В настоящем исследовании наблюдалась закономерная обратная взаимосвязь урожайности с содержанием клейковины ($r = -0,36$), показателями зольности зерна ($r = -0,73$) и седиментации ($r = -0,38$), ($p \leq 0,05 = 0,37$). В условиях Западной Сибири у сортов Этнос, Анка, Гурт, Антонина, Алексеич и Дуплет с более низкой урожайностью (115–252 г/м²) отмечены повышенное содержание белка, клейковины (16,1–17,9 % и 35,5–39,3 %), высокие значения зольности и седиментации (1,59–1,92 % и 58,0–67,0 мл). Однако селекция на совмещение урожайности с технологическими и питательными признаками зерна перспективна, что подтверждается созданием новых высокоурожайных сортов с высокими показателями качества зерна. Увеличение содержания белка в зерне на 1 % равноценно получению дополнительно 6–7 ц/га зерна. Данному критерию в полной мере соответствуют сорта Донна, Донэра, Танаис, Находка, Гром, линии Л 2293, К 18918 с повышенным содержанием белка (16,2–17,4 %), клейковины (32,5–38,3 %) и урожайностью зерна 305–384 г/м².

Учитывая необходимость расширения сортимента озимой пшеницы в Западно-Сибирском регионе, внедрение в производство высокоурожайных сортов озимой пшеницы с высокими показателями качества зерна внесет определенный вклад в повышение урожайности и валовых сборов зерна.

Выводы. Зимостойкость растений в существенной степени влияет на уровень урожай-

ности озимой пшеницы в условиях Западной Сибири ($r = 0,59$; $p \leq 0,05 = 0,37$). Сорта Барыня, Губернатор Дона, Донна, Дон 107, Находка и линия К18918, характеризующиеся повышенной зимостойкостью (6,5–8,0 баллов) и урожайностью (351–384 г/м²), рекомендуются в качестве источников в селекции на повышение зимостойкости и урожайности.

Сорта Барыня (Северо-Кавказский ФНАЦ), Губернатор Дона, Донна, Донэра (Ростовский АНЦ), Донской сурприз, Дон 107, Находка (АНЦ Донской), линии Л2293, К18918 (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко) с максимальными значениями вегетационного индекса (NDVI = 0,41–0,69) имели наиболее высокую интенсивность формирования ассимиляционной поверхности листьев, сопряженную с более высоким уровнем их урожайности – 319–384 г/м².

Сорта краснодарской селекции Этнос, Анка, Гурт, Антонина, Алексеич и Дуплет с повышенным содержанием белка, клейковины (16,1–17,9 % и 35,5–39,3 %), высокими показателями зольности зерна и седиментации (1,59–1,92 % и 58,0–67,0 мл) целесообразно использовать как исходный материал в селекции на улучшение качества зерна озимой пшеницы.

Сорта озимой пшеницы Донна, Донэра (Ростовский АНЦ), Танаис, Находка (АНЦ Донской), Гром, линии Л 2293, К 18918 (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко) с повышенным содержанием белка (16,2–17,4 %), клейковины (32,5–38,3 %) и урожайностью зерна 305–384 г/м² представляют интерес в качестве источников для повышения урожайности и качества зерна в условиях Западной Сибири.

Благодарность. Полевые исследования проведены при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 23-16-20006 от 20.04.2023 г.).

Библиографические ссылки

1. Борадулина В.А., Мусалитин Г.М. Состояние производства озимой пшеницы в Алтайском крае // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 63–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-63-66.
2. Боровик А.Н., Беспалова Л.А., Колесников Ф.А., Ильина Н.А., Чатаев А.Р. Классика – новый сорт пшеницы мягкой озимой // Труды Кубанского ГАУ. 2021. № 9. С. 32–35. DOI: 10.21515/1999-1703-91-32-35.
3. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Изменение климата и методология создания новых сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической пластичностью // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 29 (12). С. 16–19.
4. Кашуба Ю.Н., Ковтуненко А.Н., Трипутин В.М. Сорт озимой мягкой пшеницы Прииртышская 2 // Вестник Алтайского ГАУ. 2020. № 2(184). С. 32–37.
5. Методические указания. Изучение коллекции пшеницы / Под ред. В.Ф. Дорофеева. Л.: ВИР, 1985. 27 с.
6. Скрипка О.В., Подгорный С.В., Самофалов А.П., Чернова В.Л. Селекция сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного типа в ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 19–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-19-25.
7. Сторчак И.Г., Шестакова Е.О., Ерошенко Ф.В. Связь урожайности посевов озимой пшеницы с NDVI для отдельных полей // Аграрный вестник Урала. 2018. № 6 (173). С. 64–68.
8. Jaškune K., Armoniene R., Liatukas Ž., Statkevičiute G., Cesevičiune J., Brazauskas G. Relationship between Freezing Tolerance and Leaf Growth during Acclimation in Winter Wheat // Agronomy. 2022. Vol. 12, Article number: 859. DOI: 10.3390/agronomy12040859.
9. Miroslavjević M., Momčiloović V., Živanc'ev D., Ac'in V., Jocković B., Mikic' S., Takac' V., Denc'ic S. Genetic improvement of grain yield and bread-making quality of winter wheat over the past 90 years under the Pannonian Plain conditions // Euphytica. 2020. Vol. 216, Article number: 184. DOI: 10.1007/s10681-020-02724-5.

10. Olsen A.K., Persson T., de Wit A., Nkurunziza L., Sindhøj E., Eckersten H. Estimating winter survival of winter wheat by simulations of plant frost tolerance // Journal of Agronomy and Crop Science. 2018. Vol. 204(1), P. 62–73. DOI: 10.1111/jac.12238.

References

1. Boradulina V.A., Musalitin G.M. Sostoyanie proizvodstva ozimoi pshenitsy v Altaiskom Krae [The state of winter wheat production in the Altai Territory] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 63–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-63-66.
2. Borovik A.N., Beshpalova L.A., Kolesnikov F.A., Il'ina N. A., Chataev A.R. Klassika – novyi sort pshenitsy myagkoi ozimoi ['Klassika' is a new winter common wheat variety] // Trudy Kubanskogo GAU. 2021. № 9. S. 32–35. DOI: 10.21515/1999-1703-91-32-35.
3. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Izmenenie klimata i metodologiya sozdaniya novykh sortov pshenitsy i tritikale s shirokoi ekologicheskoi plastichnost'yu [Climate change and methodology for developing new varieties of wheat and triticale with a vast ecological adaptability] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. № 29 (12). S. 16–19.
4. Kashuba Yu. N., Kovtunen A.N., Triputin V.M. Sort ozimoi myagkoi pshenitsy Priirtyshskaya 2 [The winter common wheat variety 'Priirtyshskaya 2'] // Vestnik Altaiskogo GAU. 2020. № 2(184). S. 32–37.
5. Metodicheskie ukazaniya. Izuchenie kollektsii pshenitsy [Methodical recommendations. The study of the wheat collection] / Pod red. V.F. Dorofeeva. L.: VIR, 1985. 27 s.
6. Skripka O.V., Podgornyi S.V., Samofalov A.P., Chernova V.L. Seleksiya sortov ozimoi myagkoi pshenitsy intensivnogo tipa v FGBNU «ANTs «Donskoi» [Breeding of winter common wheat varieties of intensive type in the FSBSI «ARC «Donskoy»] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 6(72). S. 19–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-19-25.
7. Storchak I.G., Shestakova E.O., Eroshenko F.V. Svyaz' urozhainosti posevov ozimoi pshenitsy s NDVI dlya otdel'nykh polei [Correlation between winter wheat productivity with NDVI for individual fields] // Agrarnyi vestnik Urala. 2018. № 6 (173). S. 64–68.
8. Jaškune K., Armoniene R., Liatukas Ž., Statkevičiute G., Cesevičiene J., Brazauskas G. Relationship between Freezing Tolerance and Leaf Growth during Acclimation in Winter Wheat // Agronomy. 2022. Vol. 12, Article number: 859. DOI: 10.3390/agronomy12040859.
9. Miroslavljević M., Momčilo V., Živanc'ev D., Ac'in V., Jocković B., Mikic' S., Takac' V., Denc'ic S. Genetic improvement of grain yield and bread-making quality of winter wheat over the past 90 years under the Pannonian Plain conditions // Euphytica. 2020. Vol. 216, Article number: 184. DOI: 10.1007/s10681-020-02724-5.
10. Olsen A.K., Persson T., de Wit A., Nkurunziza L., Sindhøj E., Eckersten H. Estimating winter survival of winter wheat by simulations of plant frost tolerance // Journal of Agronomy and Crop Science. 2018. Vol. 204(1), P. 62–73. DOI: 10.1111/jac.12238.

Поступила: 22.05.23; доработана после рецензирования: 04.07.23; принята к публикации: 13.07.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Потоцкая И.В. – анализ данных, обзор литературы и написание статьи; Шепелев С.С. – выполнение полевых опытов, сбор данных, математическая обработка; Чурсин А.С. – проведение полевых исследований; Ковальчук А.М. – проведение полевых исследований; Шаманин В.П. – концептуализация и интерпретация результатов исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ГОРОХА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КРУПЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И. В. Пахотина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией качества зерна, pakhotina@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-9709-1951;
Л. В. Омелянюк, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур, omelyanyuk@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0003-1091-2057;
Е. Ю. Игнатьева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества зерна, ignateva@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0001-6291-9678;
А. М. Асанов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции зернобобовых культур, asanov@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-1825-0097;
Л. Т. Солдатова, младший научный сотрудник лаборатории качества зерна, soldatova@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0003-0793-8416
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»,
644012, Омская обл., г. Омск, пр-кт Королева, д. 26; e-mail: 55asc@bk.ru

Исследования проведены в 2019–2022 гг. в южной лесостепи Западной Сибири на 20 сортах и линиях гороха посевного различного происхождения с усатым типом листа. Цель исследования – провести сравнительный анализ сортов и селекционных линий отечественной и иностранной селекции и выявить пригодные для переработки в крупу. Опыт заложен в питомнике экологического сортоиспытания по общепринятой методике. Технологическое качество зерна образцов оценивали по методике Государственной комиссии по сортоиспытанию. Погодные условия были контрастными с периодами жесткой засухи. Самыми благоприятными для формирования высокого урожая семян гороха (соответственно 5,11 и 5,01 т/га) были 2019 г. (ГТК = 0,99) и 2020 г. (ГТК = 0,60). В 2022 г. (ГТК = 1,04) получена самая низкая урожайность в среднем по опыту (2,22 т/га, индекс среды –1,78), но с повышенной долей белка (23,86 %, индекс среды 1,07). Лидером по урожайности стал сорт Ямальский (2,79–5,61 т/га), уступив иностранным сортам по формированию белковости семян (21,7%). Высокобелковые сорта – Бонус 2 и Л 36/18 (22,7–26,8 %). Установлено, что наиболее высокое содержание белка синтезируется при уровне урожайности от 3,8 до 4,3 т/га. Уточнена связь сбора белка с единицы площади с урожайностью ($r = 0,92$) и содержанием белка в семенах ($r = 0,50$). Корреляционная связь массы 1000 семян с их выравненностью была близка к функциональной ($r = 0,93$), а с общим выходом крупы – средняя отрицательная ($r = -0,45$), с выходом лущеного гороха с неразделенными семядолями – сильная отрицательная ($r = -0,76$). Меньший выход крупы получен у гороха с высоким процентом крупной фракции (7,0–6,5 мм). Для производства крупы нормированного выхода и качества рекомендованы сорт Благовест и линия Л 182/15. Установлено, что из высокоурожайных сортов (4,27–4,63 т/га) для крупяной промышленности можно использовать сорта Ямальский, Красноуфимский 11, Аксайский усатый 55, Саламанка с меньшим выходом лущеного гороха с неразделенными семядолями (49,9–61,1 %).

Ключевые слова: горох, экологическое сортоиспытание, урожайность, технологическое качество, белок.

Для цитирования: Пахотина И. В., Омелянюк Л. В., Игнатьева Е. Ю., Асанов А. М., Солдатова Л. Т. Перспективные сорта гороха для использования в крупяной промышленности в условиях юга Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 28–34. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-28-34.



PROMISING PEA VARIETIES FOR USE IN THE CEREAL INDUSTRY IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

I. V. Pakhotina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory for grain quality, pakhotina@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-9709-1951;
L. V. Omelyanyuk, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for leguminous crops, omelyanyuk@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0003-1091-2057;
E. Yu. Ignatieva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for grain quality, ignateva@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0001-6291-9678;
A. M. Asanov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory for leguminous crops, asanov@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-1825-0097;
L. T. Soldatova, junior researcher of the laboratory for grain quality, soldatova@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0003-0793-8416
Federal State Budgetary Scientific Institution “Omsk Agricultural Research Center”,
644012, Omsk region, Omsk, Korolev Av, 26, e-mail: 55asc@bk.ru

The current study was carried out on 20 pea varieties and lines of various origins with a leafless type in the southern forest-steppe of Western Siberia in 2019–2022. The purpose of the study was to conduct a comparative analysis of varieties and breeding lines of domestic and foreign breeding and identify those suitable for processing into

cereals. The trial was laid in the nursery of ecological variety testing according to the generally accepted methodology. The technological quality of grain was estimated according to the method of the State Commission for Variety Testing. Weather conditions were contrasting with periods of severe drought. The most favorable years for the formation of a large productivity of pea seeds (5.11 and 5.01 t/ha, respectively) were 2019 (HTC = 0.99) and 2020 (HTC = 0.60). In 2022 (HTC = 1.04), the lowest yield was obtained on average for the trial (2.22 t/ha, environmental index was 1.78), but with an increased proportion of protein (23.86 %, environmental index was +1.07). The variety 'Yamalsky' (2.79–5.61 t/ha) was the best in productivity, yielding to foreign varieties in the formation of protein in seeds (21.7 %). High-protein varieties were 'Bonus 2' and 'L 36/18' (22.7–26.8 %). There has been established that the highest protein percentage is synthesized at a yield level of 3.8 to 4.3 t/ha. There has been clarified correlation between protein yield per unit of area and productivity ($r = 0.92$) and protein percentage in seeds ($r = 0.50$). The correlation between 1000-seed weight and their uniformity was close to functional ($r = 0.93$), and with the total yield of cereals it was medium negative ($r = -0.45$), with the yield of shelled peas with undivided cotyledons it was strong negative ($r = -0.76$). The smallest yield of cereals was obtained from peas with a high percentage of coarse fraction (7.0–6.5 mm). In order to produce cereals with a standardized yield and quality, there have been recommended the variety 'Blagovest' and the line 'L 182/15'. There has been established that among high-yielding varieties (4.27–4.63 t/ha) for the cereal industry there can be used such varieties as 'Yamalsky', 'Krasnoufimsky 11', 'Aksaysky usatiy 55', 'Salamanka' with a lower yield of shelled peas with undivided cotyledons (49.9–61, 1 %).

Keywords: peas, ecological variety testing, productivity, technological quality, protein.

Введение. Горох посевной – высокобелковая культура, богатая медленно усвояемыми углеводами, пищевыми волокнами, витаминами, микроэлементами, в том числе железом, цинком, кальцием. Являясь неплохим предшественником для зерновых, способен обеспечивать почву азотом от 30 до 90 кг/га (Зотиков и Вилюнов, 2021). Посевные площади и валовой сбор гороха растут во всем мире. Например, в Канаде к 2020 г. валовой сбор зерна гороха стал почти на четверть выше среднего 10-летнего показателя (3,7 млн т) (Lindsay et al., 2021). В России с 2000 по 2018 г. площади, занятые под эту культуру, выросли в 2,6 раза, а валовой сбор зерна – на 94,5 % (Картова, 2021). К 2021 г. они достигли 1444,9 тыс. га и 2700 тыс. т соответственно. По данным министерства сельского хозяйства Омской области, в 2020 г. средняя урожайность гороха в производстве не превысила 1,5 т/га, его возделывали на площади 89,2 тыс. га. В 2021 г. площади посева гороха увеличились до 119,6 тыс. га – 93 % от посева зернобобовых. Общий объем валовых сборов гороха в России в 2022 г. составил 3616 тыс. т, из них 5,3 % произведено в Омской области.

Увеличению объемов выращивания гороха в производстве способствовали значительные успехи селекции в повышении технологичности этой агрокультуры, что привело к сокращению потерь зерна при уборке и росту фактической продуктивности. В первую очередь это сорта с усатым морфотипом, которые отличаются лучшей устойчивостью к полеганию, высокой семенной продуктивностью и массой 1000 зерен (Пислегина и Четвертных, 2022). Расширено целевое использование гороха – созданы специализированные сорта с высоким содержанием белка и крахмала для получения белковых изолятов и нативных крахмалов при глубокой переработке (Зотиков и Вилюнов, 2021). Перспективным направлением является создание сельскохозяйственной продукции, способной устранить дефицит питательных веществ, таких как белок и микроэлементы (биофортификация), с высокой биодоступностью (Lindsay et al., 2021). Не все сорта привлекательны для использования в пищевой промышлен-

ности, прежде всего для переработки в крупу, вследствие невысокого содержания белка и низкой вкусовой характеристики. Селекцию на повышенное содержание белка и крахмала в сочетании с высокой урожайностью затрудняет наличие отрицательных взаимосвязей между этими показателями. Формирование белка в зерне значительно зависит от вариативности окружающей среды, поэтому при селекции гороха на повышенное содержание белка необходимо проводить многолетнее испытание сортов и линий в разных экологических условиях. Не менее значимым является подбор научно обоснованных агротехнологических приемов при выращивании культуры (Sintayehy et al., 2022). Для селекции интерес могут представлять генотипы с содержанием белка более 25 %, с периодом вегетации 78–85 дней для усатого морфотипа, для листочкового морфотипа – 77–79 дней (Ашиев и др., 2022).

В то же время в России отмечают повышение объема выращивания сортов-лидеров зарубежной селекции, площади которых превысили наиболее популярные сорта отечественной селекции в 1,8 раза (Полухин и Панарина, 2020). На 2022 г. по Западно-Сибирскому (10) региону в Государственный реестр сельскохозяйственных достижений внесено 44 сорта, из них ценных 9: Алтайский универсальный, Батрак, Благовест, Вельвет, Кумир, Светозар, Томас, Ягуар, Ямальский, кормовых – 3; иностранной селекции – 6: Вельвет (Австрия/Чехия), КВС Ла Манш, Мадонна, Остинато, Саламанка, Сантана (Германия).

Цель исследования – провести сравнительный анализ сортов и селекционных линий отечественной и иностранной селекции и выявить пригодные для переработки в крупу.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2019–2022 гг. в ФГБНУ «Омский АНЦ». Объект: сорта и селекционные линии гороха посевного различного происхождения с усатым типом листа, в том числе 7 сортов и 2 линии омской селекции, стандарт Омский 9.

Питомник экологического сортоиспытания (ЭКСИ) был заложен по методике конкурсного

сортоиспытания на делянках 10 м² в 4-кратной повторности. Посев 17–18 мая рядовым способом сеялкой ССФК-7 с нормой высева 1,2 млн всхожих семян на гектар. Весовая норма высева определялась с учетом лабораторной всхожести и массы 1000 семян. Сразу после посева осуществляли прикатывание кольчатыми катками. Перед бутонизацией проводили опрыскивание делянок от сорняков гербицидом Пульсар (1 л/га); в июле – опрыскивание от вредителей и болезней баковой смесью Титул Дуо (0,3 л/га) + Эсперо (0,1 л/га), объем рабочей жидкости 200 л/га. Уборка напрямую в фазу полной спелости в середине августа: в 2019 и 2020 г. – комбайном «Хере-125»; в 2021 и 2022 г. – комбайном Wintersteiger Classic. Урожайные данные приведены к 100 % чистоте и влажности 14 %.

Оценку и классификацию образцов по качеству зерна проводили по методике Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений (1988) с изучением показателей: крупность, выравненность, выход лущеного гороха, в том числе с неразделенными семядолями, время варки, неравномерность разваримости, вкус вареных семян для желтосемянных сортов. Содержание белка определяли по методике Кьельдаля в модификации М. Базавлука (1968).

Математическую обработку результатов исследований провели методом дисперсион-

ного анализа по пособию Б. А. Доспехова с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. По данным Гидрометеорологического центра, погодные условия в мае–августе 2019–2022 гг. были очень контрастными с продолжительными периодами жесткой засухи. Самыми благоприятными для формирования высокого урожая семян гороха (соответственно 5,11 и 5,01 т/га) были 2019 г. (ГТК = 0,99) и 2020 г. (ГТК = 0,60). Но если в 2019 г. по содержанию белка в зерне индекс среды отрицательный (–0,56), то в 2020 г. хоть и небольшой, но положительный (0,14). Самым неблагоприятным для развития гороха был 2021 г. (ГТК = 0,55), когда жесткая июльская засуха значительно снизила потенциал изучаемых образцов как по урожайности, так и по качеству зерна. В 2022 г. ГТК за период май–август достиг показателя 1,04, но это связано с рекордными осадками, выпавшими в последние дни июля (90 мм – 41,6 % от общей суммы за анализируемый период), которые увеличили ГТК за 3-ю декаду до 4,27 и еще более ухудшили состояние посевов гороха, уже находящихся в фазе начала созревания. В этом году получена самая низкая урожайность в среднем по опыту (2,22 т/га, индекс среды –1,78), но с повышенной долей белка (23,86 %, индекс среды 1,07) (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность семян гороха и содержание в них белка в среднем по питомнику ЭкСИ в зависимости от ГТК за период май–август (2019–2022 гг.)
Table 1. Productivity of pea seeds and their protein percentage on average for the nursery of the EVT depending on HTC for the period May–August (2019–2022)

Год	ГТК за период май–август	Урожайность семян, т/га		Содержание белка в семенах, %	
		в среднем по опыту	индекс среды	в среднем по опыту	индекс среды
2019	0,99	5,11	1,11	22,23	–0,56
2020	0,60	5,01	1,01	22,93	0,14
2021	0,55	3,66	–0,34	22,19	–0,60
2022	1,04	2,22	–1,78	23,86	1,07
среднее	–	4,00	–	22,80	–

Средняя за период 2019–2022 гг. урожайность сортов, включенных в эксперимент, составила 4,00 т/га с варьированием от 2,06 т/га у сорта-стандарта Омский 9 (2022 г.)

до 6,47 т/га у сорта Сибур 2 (2019 г.). Потенциал урожайности выше 6 т/га выявлен также у сортов Алтайский усатый и Аксайский усатый 55 (табл. 2).

Таблица 2. Лимит показателей по урожайности семян и содержанию в них белка у сортов и линий гороха посевного из ЭкСИ (2019–2022 гг.)
Table 2. Limit indicators for seed productivity and protein in seeds in the pea varieties and lines from the EVT (2019–2022)

Сорт, линия	Оригинатор	Урожайность зерна, т/га		Содержание белка, %		Сбор белка, т/га
		среднее	лимит показателей, min–max	среднее	лимит показателей, min–max	
Омский 9, st (1999*)	Омский АНЦ	3,60	2,06–5,35	22,1	21,25–22,54	0,68
Демос (2003)		3,79	2,28–5,19	23,4	22,25–25,34	0,76
Благовест** (2008)		3,45	2,23–4,53	22,9	20,31–23,47	0,68
Триумф Сибири (2021)		3,63	2,77–5,10	22,0	21,08–23,16	0,69
Бонус 2 (2022)		3,86	2,66–4,82	24,6	23,07–26,77	0,82
Зауральский 3 (2012)	Курган-семена / Омский АНЦ	3,96	2,71–4,74	22,8	21,81–23,59	0,78
Сибур 2 (2020)		4,09	2,41–6,47	22,1	19,29–22,32	0,78

Продолжение табл. 2

Сорт, линия	Оригинатор	Урожайность зерна, т/га		Содержание белка, %		Сбор белка, т/га
		среднее	лимит показателей, min–max	среднее	лимит показателей, min–max	
Л 182/15	Омский АНЦ	4,06	2,21–5,79	22,7	21,96–23,92	0,79
Л 36/18		4,37	2,26–5,51	24,0	22,73–26,47	0,90
Красноуфимский 11 (2014)	Уральский НИИСХ	4,27	2,78–5,30	23,7	22,59–24,77	0,87
Алтайский усатый (2012)	ФАНЦА	4,43	2,73–6,01	23,0	22,56–23,96	0,88
Аксайский усатый 55 (2003)	ДЗНИИСХ	4,41	2,57–6,01	22,6	21,28–23,98	0,86
Ямальский**(2004)	Агроальянс	4,63	2,79–5,61	21,7	21,29–22,96	0,86
Батрак (1999)	ФНЦ зернобобовых и крупяных культур	3,90	2,65–4,81	22,6	21,73–23,89	0,76
Юлдаш	Башкирский НИИСХ	3,90	2,70–5,18	23,9	22,31–25,03	0,80
Касиб (2014, РК)	НПЦ ЗХ им. Бараева, РК	3,42	2,57–5,45	20,9	20,79–21,86	0,61
Саламанка (2013)	Германия	4,36	2,87–5,40	22,3	22,03–22,83	0,84
Вельвет** (2013)	Австрия/Чехия	4,29	2,58–4,87	22,7	21,59–24,42	0,84
Готик (2006)	Австрия	3,52	2,58–4,87	23,0	21,59–24,42	0,70
Стабил (2006)		4,14	3,16–5,34	23,1	22,50–23,71	0,82
В целом по выборке сортов		4,00	2,06–6,47	22,8	19,29–26,77	–
НСР ₀₅		0,23	–	0,70	–	0,04

Примечание. * – год включения в Госреестр; ** – сорт, ценный по качеству зерна.

Содержание белка на уровне ценных сортов в среднем за изученный период времени имели сорт Бонус 2 (24,6 %) и линия Л 36/18 (24,0 %).

Урожайность, достоверно выше стандарта Омский 9, в среднем за 2019–2022 гг. показали 14 сортов, из них лишь Бонус 2, Юлдаш, Стабил, Красноуфимский 11, Алтайский усатый и Л 36/18 превзошли стандарт по белковости зерна. Иностранные сорта Стабил, Вельвет и Саламанка оказались в группе высокоурожайных сортов (4,29–4,43 т/га). Но, достоверно уступив сорту Ямальский (4,63 т/га), они имели преимущество по белковости семян от 0,6 до 1,4 %. Средний за период исследований сбор белка у этих сортов составил 0,837 т/га при его содержании в семенах 22,3–23,1 %; у Ямальского – 0,865 т/га и 21,7 % соответственно. Сорт Готик был на уровне менее урожайного сорта Благовест – соответственно 3,52 и 3,45 т/га, 23,0 и 22,9 %.

Исследования подтверждают выводы, сделанные нами на основе изучения в 2010–

2019 гг. четырех сортов гороха посевного омской селекции (Пахотина и др., 2020): сильную прямолинейную связь сбора белка с единицы площади с уровнем урожайности ($r = 0,92$) и умеренную – с содержанием белка в семенах ($r = 0,50$). Ожидаемо, максимальный сбор белка отмечен у линии Л 36/18 (0,90 т/га). Высокоурожайные сорта показали сбор белка с гектара более 0,80 т/га, низкоурожайные – от 0,60 до 0,70 т/га. Среднеурожайные сорта Бонус 2 и Юлдаш отличались высоким сбором белка (0,80 т/га) за счет его накопления в семядолях до 23,9–24,0 %.

Прямолинейная корреляция между содержанием белка в семенах и урожайностью изучаемых генотипов низкая и недостоверная. Но полиномиальная линия тренда на точечном графике выявила криволинейную связь ($\eta = 523$) и показала, что наиболее высокое количество белка (более 23 %) синтезируется, как правило, при уровне урожайности от 3,8 до 4,3 т/га (рис. 1).

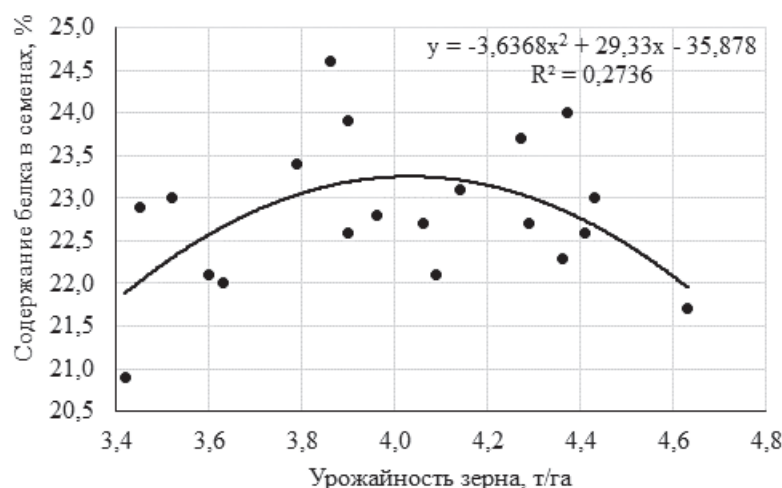


Рис. 1. Зависимость содержания белка в семенах сортов гороха от их урожайности (среднее за 2019–2022 гг.)
Fig. 1. Dependence of protein percentage in seeds of pea varieties on their productivity (mean in 2019–2022)

Определяющий показатель технологического качества гороха – выход крупы, который зависит от его крупности и выравненности. В крупном семени содержится относительно больше белка (масса 1000 семян – содержание белка в семени $r = 0,42$). Крупносемянные сор-

та (масса 1000 шт. = 258,1–227,3 г), достоверно превысившие средние показатели по выборке, имели выравненность семян в соответствии с требованиями Госкомиссии более 85 %, крупность – 7,0–6,5 мм, за исключением сорта Юлдаш (табл. 3).

Таблица 3. Крупность, выравненность и выход крупы сортов гороха (среднее за 2019–2022 гг.)
Table 3. Size, uniformity, and productivity of pea cereals (average for 2019–2022)

Сорт	Масса 1000 семян, г	Выравненность, %	Крупность, мм*	Выход крупы, %	
				целый	общий выход
Вельвет	258,1	92,5	7,0–6,5	41,3	86,1
Бонус 2	256,4	93,6	7,0–6,5	33,4	78,3
Алтайский усатый	250,1	89,6	7,0–6,5	46,8	86,2
Батрак	250,0	90,3	7,0–6,5	51,5	87,3
Готик	246,6	86,8	7,0–6,5	36,8	85,8
Стабил	241,1	86,7	7,0–6,5	27,6	85,7
Саламанка	234,5	85,8	7,0–6,5	49,9	86,0
Юлдаш	227,3	78,0	7,0–6,5	48,2	87,3
Красноуфимский 11	216,9	80,0	7,0–6,5	52,2	87,3
Благовест	213,2	69,8	6,5–7,0	61,1	88,5
Аксайский усатый 55	210,1	72,8	6,5–6,0	51,9	87,5
Ямальский	206,8	72,8	6,5–7,0	61,1	88,6
Л 182/15	205,2	68,4	7,0–6,5	63,8	88,3
Л 36/18	205,1	71,1	6,5–6,0	42,0	82,1
Касиб	202,2	68,0	7,0–6,5	63,1	88,3
Демос	192,7	73,0	6,5–6,0	49,9	87,4
Сибур 2	190,1	71,9	6,0–6,5	61,3	88,1
Зауральский 3	187,8	70,5	6,0–6,5	63,6	87,5
Триумф Сибири	187,6	68,8	6,5–6,0	67,0	88,3
Омский 9	183,6	70,5	6,0–6,5	61,6	86,2
Среднее	218,3	78,0	–	51,7	86,5
НСР ₀₅	12,8	4,2	–	5,4	0,5

Примечание. * – на первом месте записывают размер сита, сходом с которого получена наибольшая фракция (Методика Государственного сортоиспытания с.-х. культур, 1988).

В группе крупносемянного гороха можно выделить сорта Батрак и Саламанка с выходом целого лущеного гороха до 50 %.

Корреляционная связь массы 1000 семян с их выравненностью была близка к функциональной ($r = 0,93$), а с общим выходом крупы – средняя отрицательная ($r = -0,45$), при этом с выходом лущеного гороха с неразделенными семядолями – сильная отрицательная ($r = -0,76$). Чем больше выход крупной фракции семян (7,0–6,5 мм), тем меньше при лущении гороха мы получили крупы с неразделенными семядолями. Корреляционная связь показателей «выравненность – выход лущеного гороха» с неразделенными семядолями значительная ($r = -0,77$) (рис. 2).

Меньшей однородностью отличались образцы с семенами средней крупности: Красноуфимский 11, Благовест, Аксайский усатый 55, Ямальский, Л 182/15, Л 36/18 и Касиб с выравненностью 68–80 %. В то же время за счет меньшего механического повреждения у этих сортов получен высокий выход крупы – как общий (87–88 %), так и с разделенными семядолями (52–64 %), за исключением линии Л 36/18. Учитывая урожайность, лидерами в этой группе стали Ямальский,

Красноуфимский 11 и Аксайский усатый 55, Л 182/15; по выходу гороха с неразделенными семядолями – сорта Ямальский, Благовест и линия Л 182/15.

При лущении мелкосемянных сортов с массой 1000 семян до 190 г, выравненностью 69–72 % и крупностью семени 6,0–6,5 выход гороха с неразделенными семядолями оказался на уровне требований Госкомиссии – 61–67 %, общий выход – 86–87 %. В то же время мелкие семена требуют более длительной обработки при шелушении, что снижает их технологическое достоинство.

Кулинарная оценка гороха включает определение коэффициента разваримости семян, развариваемости и вкуса. У семян всех изучаемых сортов разваримость хорошая (коэффициент 2,2–2,5). Но с увеличением крупности семян выявлено понижение равномерности разваривания. Отличной равномерной развариваемостью отличались мелкосемянные сорта Омский 9, Демос, Касиб, Триумф Сибири, Бонус 2, Зауральский 3, Сибур 2 и линия Л 36/18; из более крупносемянных – Красноуфимский 11, Саламанка, Готик (95–96 % равномерно сваренных семян). Сорта имели хороший вкус, за исключе-

нием стандарта Омский 9 (3,7 балла). Среднее время варки 110 мин. Быстроразвариваемые – Омский 9 и Л 35/18 (96–97 мин.); сорта Сала-

манка и Вельвет отличались более длительным периодом варки (124–127 мин.).

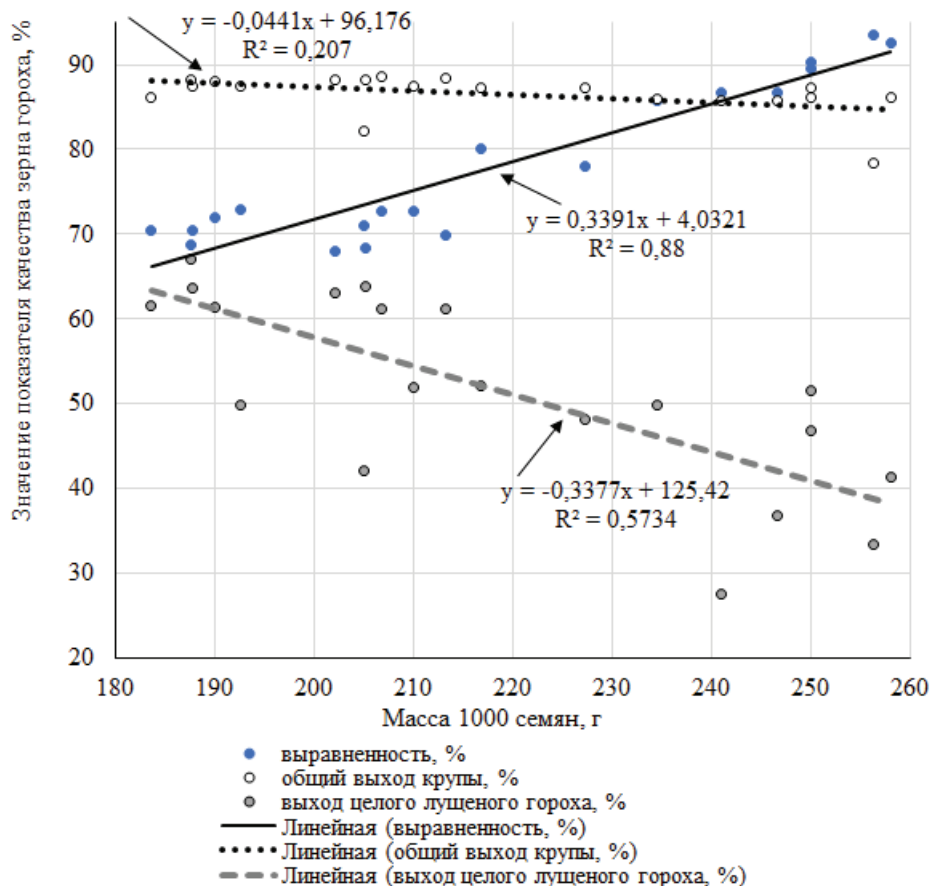


Рис. 2. Зависимость выравненности семян гороха и выхода крупы от массы 1000 семян (среднее за 2019–2022 гг.)
Fig. 2. Dependence of pea seeds' uniformity and cereal yield on 1000-seed weight (mean in 2019–2022)

Выводы. Таким образом, была выявлена тенденция максимального синтеза белка в сортах при уровне урожайности от 3,8 до 4,3 т/га. Учитывая сильную прямолинейную связь сбора белка с единицы площади с урожайностью семян и умеренную – с содержанием в них белка, были выделены сорта, способные синтезировать более 0,8 т белка с гектара: Бонус 2, Юлдаш, Л 36/18, Стабил, Вельвет, Красноуфимский 11, Аксайский усатый 55, Алтайский усатый. Установлено, что крупносемянные сорта отличались высокой выравненностью, но при лущении давали пониженный выход гороха с неразделенными семядолями и в целом более низкий выход гороховой крупы. При варке такие сорта характеризовались большей неравномерностью разваривания (масса 1000 семян – % неравномерно сваренных семян $r = 0,60$). Сорта иностранной селекции Вельвет, Стабил

и Саламанка имели преимущество по показателям: высокая урожайность (4,14–4,36 т/га), крупные семена (7,0–6,5 мм) с повышенной выравненностью (86–90 %), среднее содержание белка 22,3–23,1 %. Сорта омской селекции Благовест, Л 182/15 характеризовались хорошим технологическим качеством семян, пригодным для производства крупы нормированного выхода (белок 22,9–22,7 %, выравненность 70–68 %, выход гороха с неразделенными семядолями 61,1–63,8 %), но отличались пониженной урожайностью – 3,45–4,06 т/га. Из высокоурожайных сортов (4,27–4,63 т/га) для крупяной промышленности можно предложить сорта Ямальский, Красноуфимский 11, Аксайский усатый 55, Саламанка (белок 21,7–23,7 %, выравненность 73–85,8 %, выход гороха с неразделенными семядолями 49,9–61,1 %).

Библиографические ссылки

1. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В. Влияние вегетационного периода на содержание белка в семенах коллекционных образцов гороха // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 5–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-5-10.
2. Горох. Структура валовых сборов по регионам России в 2022 году. URL: https://ab-centre.ru/chart/goroh-struktura-valovyyh-sborov-po-regionam-rossii-za-god-1?utm_campaign=Рынок_продовольствия%3A+аналитика+%2817-я+неделя+2023%29&utm_medium=email&utm_source=NotiSend (дата обращения: 27.04.2023).

3. Зотиков В. И., Вилунов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25(4). С. 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041.
4. Картова, О. И. Оценка экспортного потенциала гороха российского производства // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 2. С. 134–141.
5. Пахотина И. В., Омелянюк Л. В., Игнатьева Е. Ю., Асанов А. М. Особенности формирования содержания белка в зерне гороха в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2020. С. 60–67. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-60-675.
6. Пислегина С. С., Четвертных С. А. Результаты изучения перспективных линий гороха в почвенно-климатических условиях Кировской области // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-52-57.
7. Погода в Туле. Температура воздуха и осадки. Октябрь 2010 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28698&month=10&year> (дата обращения: 05.04.2023).
8. Полухин А. А., Панарина В. И. Основные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур и пути их решения // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3(35). С. 5–11. DOI: 10.24411/2309-348x-2020-11178.
9. Lindsay D. L., Jha A. B., Arganosa G., Glahn R., Warkentin T. D. Agronomic Performance in Low Phytic Acid Field Peas // Plants. 2021. Vol. 10(8), Article number: 1589. <https://doi.org/10.3390/plants10081589>.
10. Sintayehy D., Morris C. F. Pea proteins: Variation, composition, genetics, and functional properties // Cereal Chemistry. 2022. Vol. 99, P. 8–20. DOI: 10.1002/cche.10439.

References

1. Ashiev A. R., Khabibullin K. N., Skulova M. V. Vliyanie vegetatsionnogo perioda na sodержanie belka v semenakh kollektсионnykh obraztsov gorokha [Effect of the vegetation period on protein percentage in seeds of collection pea samples] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 6. S. 5–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-5-10.
2. Gorokh. Struktura valovykh sborov po regionam Rossii v 2022 godu [Peas. The structure of gross collections in the regions of Russia in 2022]. URL: https://ab-centre.ru/chart/goroh-struktura-valovykh-sborov-po-regionam-rossii-za-god-1?utm_campaign=Rynok_prodoval'stviya%3A+analitika+%2817-ya+nedelya+2023%29&utm_medium=email&utm_source=NotiSend (data obrashcheniya: 27.04.2023).
3. Zotikov V. I., Vilyunov S. D. Sovremennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii [Present-day breeding of legumes and grain crops in Russia] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2021. № 25(4). S. 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041.
4. Kartova, O. I. Otsenka eksportnogo potentsiala gorokha rossiiskogo proizvodstva [Estimation of the export potential of peas produced in Russia] // Vestnik Kurskoi GSKhA. 2021. № 2. S. 134–141.
5. Pakhotina I. V., Omel'yanuk L. V., Ignat'eva E. Yu., Asanov A. M. Osobennosti formirovaniya sodержaniya belka v zerne gorokha v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [Features of protein formation in pea grain in Western Siberia] // Vestnik KrasGAU. 2020. S. 60–67. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-60-675.
6. Pislegina S. S., Chetvertnykh S. A. Rezul'taty izucheniya perspektivnykh linii gorokha v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh Kirovskoi oblasti [The study results of promising pea lines in the soil and climatic conditions of the Kirov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 1(79). S. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-52-57.
7. Pogoda v Tule. Temperatura vozdukh i osadki. Oktyabr' 2010 g. [The weather in Tula. Air temperature and precipitation. October, 2010] [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28698&month=10&year> (data obrashcheniya: 05.04.2023).
8. Polukhin A. A., Panarina V. I. Osnovnye problemy selektsii i semenovodstva sel'sko-khozyaistvennykh kul'tur i puti ikh resheniya [The main problems of breeding and seed production of agricultural crops and ways to solve them] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2020. № 3(35). S. 5–11. DOI: 10.24411/2309-348x-2020-11178.
9. Lindsay D. L., Jha A. B., Arganosa G., Glahn R., Warkentin T. D. Agronomic Performance in Low Phytic Acid Field Peas // Plants. 2021. Vol. 10(8), Article number: 1589. <https://doi.org/10.3390/plants10081589>.
10. Sintayehy D., Morris C. F. Pea proteins: Variation, composition, genetics, and functional properties // Cereal Chemistry. 2022. Vol. 99, P. 8–20. DOI: 10.1002/cche.10439.

Поступила: 05.05.23; доработана после рецензирования: 30.05.23; принята к публикации: 06.06.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Пахотина И. В. – концептуализация исследований, анализ литературных источников, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи, финальная доработка текста, оформление сопроводительных документов; Омелянюк Л. В. – непосредственное участие в проведении полевых испытаний сортов гороха в ЭкСИ, редакционная правка текста, часть статистической обработки данных и их интерпретация в рисунках, анализ: литературных источников, метаданных и информации РОСТАТА, финальная доработка текста; Игнатьева Е. Ю. – сбор и анализ данных; Асанов А. М. – руководство и непосредственное участие в проведении полевых испытаний сортов гороха в ЭкСИ, критический анализ текста; Солдатова Л. Т. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ОБРАЗЦОВ РИСА В УСЛОВИЯХ ЖЕСТКОЙ ПОЛЕВОЙ ЗАСУХИ

П. И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

А. В. Аксенов, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X;

Е. В. Краснова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Засуха является одним из наиболее важных факторов, препятствующих выращиванию риса, что приводит к большим потерям урожая и ограничивает рост урожайности. Цель исследований – определение засухоустойчивости сортов и образцов риса различного происхождения в условиях периодического полива с периодами длительного пересыхания почвы и высокой температуры воздуха, выделение устойчивых к засухе растений для селекции суходольных сортов. Изучено 68 сортов и образцов суходольного риса при выращивании на орошаемом и затопляемом участках (г. Пролетарск, Ростовская обл.). Установлено, что сорта и образцы в условиях засухи и достаточном водообеспечении формировали разную урожайность зерна, которая при нехватке воды составила в 2020–2021 гг. в среднем 63,7 % к норме, а в 2022 г. – 30,1 %. Установлено, что корреляция урожайности риса в засушливых условиях с таковой при полной влагообеспеченности была слабой отрицательной ($r = -0,22 \pm 0,12$), а с индексом засухоустойчивости (ИЗУ) – высокой положительной ($r = 0,95 \pm 0,04$). Величины количественных признаков в условиях засухи значительно изменяются по сравнению с контролем. Уменьшается высота растений (95,7 %), длина метелки (73,1 %), ее плотность (58,7 %), количество растений к уборке на 1 м² (87,3 %), масса растения (42,3 %), масса метелки (25,1 %), общее число колосков (54,5 %) и зерен на метелке (32,4 %), масса 1000 зерен (70,4 %); увеличивается количество продуктивных стеблей на 1 м² (115,2 %), кустистость (126,1 %), количество пустых колосков на метелке (205,1 %) и процент пустозерности (339,1 %). Выявлены 9 сортов и образцов, имевших ИЗУ от 51,1 до 93,7 %: Контро, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, Хун-Мо, 8323, 8338, 8337, ЗУЛК 8, ЗУЛК 9, которые сформировали максимальную урожайность в засушливых условиях (3,95–5,51 т/га).

Ключевые слова: рис, сорт, образец, источник, суходол, засухоустойчивость, периодический полив, урожайность.

Для цитирования: Костылев П. И., Аксенов А. В., Краснова Е. В. Оценка продуктивности образцов риса в условиях жесткой полевой засухи // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 35–42. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-35-42.



ESTIMATION OF THE PRODUCTIVITY OF RICE SAMPLES UNDER SEVERE FIELD DROUGHT

P. I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

A. V. Aksekov, junior researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X;

E. V. Krasnova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Drought is one of the most important factors hindering the cultivation of rice, resulting in large yield losses, and limiting productivity growth. The purpose of the current study was to determine the drought resistance of rice varieties and samples of various origins under conditions of periodic irrigation with periods of prolonged soil aridity and high air temperature, to identify drought-resistant plants for the selection of upland varieties. There have been studied 68 varieties and samples of upland rice when grown on irrigated and flooded areas (Proletarsk, Rostov region). There has been established that varieties and samples under drought conditions and sufficient water supply formed different grain productivity, which in 2020–2021 with a lack of water amounted to 63.7 % of the norm, and in 2022 to 30.1 %. There has been found that the correlation of rice productivity under dry conditions with that under full moisture supply was weak negative ($r = -0.22 \pm 0.12$), and with the drought resistance index (DRI) it was high positive ($r = 0.95 \pm 0.04$). The values of quantitative traits under drought conditions have changed significantly in comparison with the control. Such traits as plant height (95.7 %), panicle length (73.1 %), panicle density (58.7 %), number of harvested plants per 1 m² (87.3 %), plant weight (42.3 %), panicle weight (25.1 %), total number of spikelets (54.5 %) and grains per panicle (32.4 %), 1000-grain weight (70.4 %) have decreased. Such traits as number of productive stems per 1 m² (115.2 %), tillage capacity (126.1 %), the number of empty spikelets per panicle (205.1 %) and the percentage of empty grains (339.1 %) have increased. There have been identified such 9 varieties and samples with DRI from 51.1 to 93.7 % as 'Kontr', 'An-Yun-Ho', 'Chan-Chun-Man', 'Hong-Mo', '8323', '8338', '8337', 'ZULK 8', 'ZULK 9', which formed maximum productivity in dry conditions (3.95–5.51 t/ha).

Keywords: rice, variety, sample, source, dry land, drought resistance, periodic watering, productivity.

Введение. Рис – важный продукт питания народов мира, однако его производство потребляет большое количество ресурсов пресной воды. Поэтому засуха является одним из наиболее важных факторов, препятствующих выращиванию риса, что приводит к большим потерям урожая и ограничивает рост урожайности на более чем 65 % рисовых полей в мире, где обычные сорта риса снижают продуктивность в условиях засушливого стресса. Например, в Китае площадь, охваченная засухой, достигла 26,67 млн га, что привело к сокращению количества продовольствия на 70–80 млн тонн. Поэтому необходимы разработка и создание засухоустойчивых сортов риса для стабилизации и повышения уровня производства (Luo, 2010).

Существуют различные взгляды на засухоустойчивость. Физиологи растений считают, что засухоустойчивость растений – это способность выживать или расти в условиях нехватки воды, но агрономов больше интересует урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи. Засухоустойчивость можно определить как выживаемость и продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях засухи. Засухоустойчивость с.-х. культур носит комплексный характер и включает как минимум три важных физиологических направления. Во-первых, культурам в условиях засухи необходимо поддерживать высокий водный тургор растений; во-вторых, культурам в случае маловодья необходимо поддерживать свои физиологические функции; в-третьих, культура может восстанавливать водный статус и функционировать после засушливого стресса. В настоящее время более последовательной точкой зрения является та, что смысл засухоустойчивости состоит из трех аспектов (Bhandari et al., 2023).

1. Предотвращение обезвоживания (ПО) относится к способности растения поддерживать высокий уровень воды за счет поглощения воды или сокращения потерь воды в засушливых условиях. ПО достигается за счет развития большой и глубокой корневой системы для захвата воды из почвы, а также за счет закрытия устьиц или непроницаемой кутикулы листа для уменьшения транспирации. При селекции и фенотипировании основными критериями ПО являются морфологические признаки корней (такие как длина, диаметр и объем корня и т. д.) и физиологические признаки (такие как устьичная проводимость, водный потенциал листьев, относительное содержание воды в листьях, потеря воды, скорость фотосинтеза, температура листового покрова и т. д.).

2. Устойчивость к обезвоживанию (УО) определяется как относительная способность растений поддерживать физиологические функции при низком уровне воды в листьях. Это относится к активному накоплению осмотических веществ в растительных клетках, что увеличивает способность осмотической регуляции поддерживать высокий тургор. УО

также включает в себя повышение способности к удалению вредных веществ, накопленных в растениях, и антиоксидантную защиту и т.д. Мера этой способности включает несколько физиологических характеристик, таких как осмотическая адаптация, содержание абсцизовой кислоты, пролина, растворимых сахаров, хлорофилла, активность пероксидазы или супероксиддисмутазы и др.

3. Восстановление после засухи (ВЗ) относится к способности растения к восстановлению после периода сильной засухи, которая вызывает остановку роста, полную потерю тургора и высыхание листьев.

Хотя ПО, УО и ВЗ имеют различный смысл, они обычно вместе участвуют в функционировании растения. ПО является основным фактором устойчивости к засухе, но устойчивости к засухе (устойчивость к обезвоживанию – УО) рассматривается как вторая линия защиты.

Только в засушливой среде в полевых условиях засухоустойчивость риса проявляется в полной мере. Эта информация более важна, чем при выращивании в теплице, в сосудах, чашках Петри. Стабильность урожайности является основным критерием оценки устойчивости образца. Однако для более детального изучения необходимо разбить признак на составляющие (колосковая стерильность при стрессе, число колосков и др.), изучить их вариабельность, корреляционные связи с продуктивностью (Гончарова и др., 2020). Эффективная и успешная селекция на урожайность и связанные с ней агрономические компоненты как в условиях стресса, так и в условиях его отсутствия может быть достигнута за счет генетической рекомбинации признаков высокой урожайности и засухоустойчивости.

Индийские ученые показали, что генотипы, идентифицированные как проявляющие высокую урожайность в условиях засушливого стресса на вегетативной стадии, не обязательно демонстрировали наилучшие показатели в условиях засухи на репродуктивной стадии. На вегетативной стадии засуха снижает образование листьев и кустистость, что впоследствии снижает развитие метелок на растении и приводит к потере урожая, тогда как на репродуктивной стадии засуха вызывает уменьшение количества зерен в метелке, повышает стерильность зерна и снижает массу зерновки (Swain et al., 2017).

Увеличение случаев стресса от засухи в условиях изменения климата требует выведения сортов риса, которые сочетают в себе устойчивость к стрессу на вегетативной и репродуктивной стадиях развития, а также обладают высоким потенциалом урожайности при хорошем поливе. Различные сорта, подвиды и виды сельскохозяйственных культур демонстрируют генетические различия в ответ на дефицит воды в одних и тех же условиях окружающей среды, что подчеркивает важность разнообразия как основного фактора засухоустойчиво-

сти и его важность в исследованиях, связанных с засухой. Сорты, демонстрирующие высокую засухоустойчивость, часто становятся объектами исследований, связанных с засухой, и являются наиболее многообещающими источниками генов устойчивости к этому фактору для использования в создании современных сортов (Oladosu et al., 2019).

Для создания российских сортов риса, адаптированных к недостатку поливной воды, в ФНЦ риса был создан материал при гибридизации сортов зарубежной и отечественной селекции (Гончарова и др., 2017). Большой селекционный материал риса, устойчивый к засухе, создан в АНЦ «Донской».

Цель исследований – определение засухоустойчивости сортов и образцов риса различного происхождения в условиях периодического полива с периодами длительного пересыхания почвы и высокой температуры воздуха, выделение устойчивых к засухе растений для селекции суходольных сортов.

Материалы и методы исследований.

Испытания по скринингу стрессоустойчивости проводили в лаборатории селекции и семеноводства риса на землях ОП «Пролетарское» (юг Ростовской области) в течение трех лет – с 2020 по 2022 год. Почва опытного участка суглинистая. Содержание гумуса около 3 %, азота – 0,5 мг, фосфора – 1–2 мг, калия – 24–30 мг в 100 г почвы. Испытываемые генотипы риса представляли собой коллекционные образцы, полученные из ВИР им. Н. И. Вавилова, а также селекционные сорта и линии, созданные в АНЦ «Донской» путем скрещивания популярных высокоурожайных сортов риса с разнообразным набором доноров устойчивости к дефициту влаги, и кроме того, засухоустойчивые линии из ФНЦ риса (ЗУЛК). Всего было оценено 68 линий и сортов, использованных в качестве контрольных. Образцы изучали в двух вариантах: 1) контрольный участок, на котором поддерживали постоянный уровень воды 20 см; 2) отдельный участок с периодическим орошением из оросительного канала напуском воды слоем 10 см – в середине мая, июня, июля и августа при высыхании поверхности почвы до ее растрескивания. Воздействие стресса от засухи продолжалось до тех пор, пока у растений не начинали проявляться такие симптомы, как скручивание листьев в трубку и подсыхание их кончиков.

Во все годы для каждого варианта посева проводили в начале мая сеялкой Деметра с нормой высева 500 шт./м² на делянках площадью 10 м² в 3-кратной повторности. Индекс засухоустойчивости рассчитывали как отношение величины признака в опыте с периодическим орошением (условно названное засуха) к таковой на контроле (затопление, условно взятое за норму) ($O/K \cdot 100\%$). Для математиче-

ской обработки числового материала использовали программы Excel и Statistica 8.

Погода в 2020 г. отличалась повышенным количеством осадков в мае – 67,2 мм (+15 мм к норме) и июне – 81,1 мм (+19 мм); пониженным – в июле – 27,1 мм (–35 мм), августе – 18,9 мм (–30 мм) и сентябре – 0,8 мм (–34 мм), то есть преобладали засушливые условия во время генеративной фазы развития риса. Температурный режим мая (16,0 °C) был ниже среднееголетних значений на 0,7 °C, а в летние месяцы и в сентябре превысил ее на 2,3–4,3 °C. В июне средняя температура составила 23,4 °C, в июле – 23,4 °C, августе – 23,9 °C, в сентябре – 20,8 °C. В 2021 г. наблюдались обильные дожди в мае – 89,6 мм (+37,6 мм) и сентябре – 83,6 (+48,6 мм), низкая сумма осадков летом: в июне – 33,4 мм (–28,6 мм), июле – 43,2 мм (–18,8 мм), августе 45,7 мм (–3,3 мм). Отмечена высокая температура воздуха в период май–август. Средние значения температуры составили в мае 17,8 °C (+1,1 °C), июне – 22,4 °C (+2,3 °C), июле – 27,2 °C (+4,7 °C), августе – 26,2 °C (+4,6 °C). В 2022 г. погода характеризовалась пониженным количеством осадков с мая по сентябрь – 194 мм (74,6 % от нормы 260 мм). Май был холодным (14,7 °C), на 2 °C ниже нормы, а лето жарким. Средняя температура июня – 22,8 °C (+2,7 °C), июля – 23,9 °C (+1,4 °C), августа – 26,9 °C (+5,4 °C). В 2022 г. сложились условия самой жесткой засухи за весь период исследований, так как из-за жары поливная вода быстро испарялась.

Результаты и их обсуждение. Условия 2022 г. были очень жесткими, экстремальными по влагообеспеченности и значительно отличались от 2020–2021 годов. Поэтому в таблице 1 приводятся данные за 2020–2021 и 2022 гг. отдельно. В процессе исследований установили, что урожайность на контроле при затоплении незначительно различалась по годам: в среднем за 2020–2021 гг. 6,71 т/га, а в 2022 г. – 6,98 т/га. Однако при водном дефиците продуктивность растений в 2020–21 гг. составила 4,20 т/га, а в 2022 г. была существенно ниже – 1,99 т/га, то есть более, чем в 2 раза уступала прошлым годам. Поэтому и средний индекс засухоустойчивости в 2022 г. (30,1 %) был значительно ниже, чем в 2020–2021 годах (63,7 %).

В условиях постоянного затопления урожайность образцов в среднем за 2020–2021 гг. варьировала от 4,53 до 9,45 т/га (в среднем 6,71 т/га), а в 2022 г. – от 4,17 до 9,88 т/га. В условиях засухи их урожайность колебалась от 0,29 до 5,51 т/га (в среднем 1,99 т/га). Распределение сортообразцов риса по засухоустойчивости, выраженной соотношением урожайности при засухе к норме, варьировало в 2022 г. от 3,4 до 93,7 %, в среднем – 30,1 % (рис. 1).

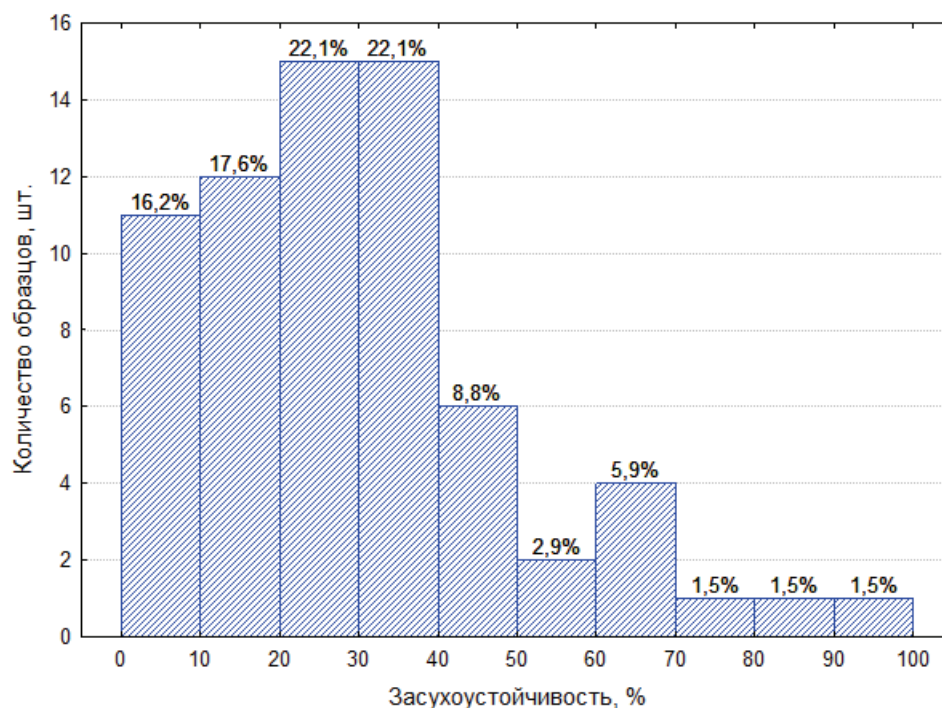


Рис. 1. Распределение образцов риса по засухоустойчивости на основе соотношения урожайности при засухе к таковой в норме (в среднем за 2020–2021 гг.)

Fig. 1. Distribution of rice samples according to drought resistance based on the ratio of productivity during drought to that in the normal conditions (mean in 2020–2021)

Преобладали образцы с индексом засухоустойчивости (ИЗУ) от 20 до 40 %, их было 44,2 % от общего числа. Выявлено 9 сортов и образцов, имевших ИЗУ более 50 %. К ним относятся китайские стародавние сорта Контро, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, Хун-Мо, образцы гибридного происхождения 8323 (Скомс белый х Кубань 3, № 4), 8338 (Командор х Чан-Чунь-Ман, № 3),

8337 [(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, № 3], ЗУЛК 8, ЗУЛК 9, у которых соотношение урожайности при засухе и норме составило от 51,1 до 93,7 % (табл. 1). Китайские сорта из Маньчжурии Контро и Чан-Чунь-Ман показали по годам близкие значения ИЗУ: у Контро – 78,8 и 77,4 %, а у Чан-Чунь-Ман – 89,7 и 86,0 %, соответственно.

Таблица 1. Урожайность риса при дефиците влаги и затоплении водой, индекс засухоустойчивости (ИЗУ) (2020–2022 гг.)
Table 1. Rice productivity under moisture deficit and flooding, drought tolerance index (DRI) (2020–2022)

№ п/п	№ образца	Название сорта, образца	2020–2021 гг.			2022 г.		
			Урожайность, т/га		ИЗУ, %	Урожайность, т/га		ИЗУ, %
			засуха	норма		засуха	норма	
1	8357	Акустик	4,42	7,76	56,9	3,89	8,91	43,7
2	8320	Аргамак	6,10	8,73	69,8	2,80	8,20	34,1
3	8355	Боярин	4,50	6,47	69,6	1,20	6,72	17,9
4	8353	Контакт	4,50	6,62	68,0	1,63	5,70	28,6
5	8351	Вирасан	4,41	6,28	70,3	1,99	7,86	25,3
6	8363	Волгоградский	4,15	6,23	66,6	1,82	4,58	39,7
7	8393	Волгоградский х Магнат	3,22	7,37	43,6	1,67	6,27	26,6
8	8367	Сталинградский	4,87	6,75	72,1	2,74	8,01	34,2
9	8361	Пируэт	4,57	9,45	48,3	2,19	7,82	28,0
10	8325	Ан-Юн-Хо, Китай	4,40	4,91	89,6	3,86	6,12	63,1
11	8328	Командор х Ан-Юн-Хо	4,18	7,82	53,5	0,76	9,16	8,3
12	8329	Дин-Сян, Китай	4,37	5,47	79,9	3,47	7,51	46,2
13	8395	Дин Сян х Боярин	4,30	6,92	62,1	1,81	7,39	24,5
14	8397	Дин Сян х Кубояр	4,00	5,93	67,4	1,93	5,81	33,2
15	8331	Золотые всходы	4,27	4,97	85,9	1,83	5,84	31,3
16	8330	Командор х Золотые всходы	4,05	6,09	66,5	0,61	7,17	8,5
17	8339	Маловодотребовательный	4,15	4,53	91,6	1,33	4,96	26,8
18	8326	Командор х Маловодотребовательный	4,85	6,90	70,3	2,77	7,56	36,6

Продолжение табл. 1

№ п/п	№ образца	Название сорта, образца	2020–2021 гг.			2022 г.		
			Урожайность, т/га		ИЗУ, %	Урожайность, т/га		ИЗУ, %
			засуха	норма		засуха	норма	
19	8401	ЗУЛК 1	3,53	5,63	62,6	3,50	7,66	45,7
20	8403	ЗУЛК 2	4,42	5,51	80,1	0,77	6,76	11,4
21	8405	ЗУЛК 3	4,64	6,92	67,0	2,36	6,81	34,7
22	8407	ЗУЛК 4	2,82	6,77	41,6	2,26	7,10	31,8
23	8399	ЗУЛК 5	3,83	5,44	70,4	1,24	6,98	17,8
24	8407	ЗУЛК 6	4,40	5,25	83,8	1,99	5,89	33,8
25	8409	ЗУЛК 7	3,52	6,92	50,9	2,54	8,26	30,8
26	8346	ЗУЛК 8	4,90	7,34	66,7	4,83	7,45	64,8
27	8350	ЗУЛК 9	4,30	6,51	66,0	5,51	5,88	93,7
28	8413	ЗУЛК 10	4,44	6,17	71,9	0,69	7,36	9,4
29	8411	ЗУЛК 11	3,42	7,13	47,9	2,13	6,58	32,4
30	8324	ЗУЛК 12	3,91	8,71	44,9	0,61	9,59	6,4
31	8415	ЗУЛК 13	2,95	6,76	43,6	0,40	6,63	6,0
32	8354	ЗУЛК 14	3,25	5,90	55,1	2,90	6,66	43,5
33	8322	ЗУЛК 15	3,90	5,31	73,4	2,21	6,82	32,4
34	8340	Контро х Боярин	4,05	7,04	57,6	2,04	7,63	26,7
35	8342	Контро х Кубояр	4,53	8,91	50,8	3,05	6,52	46,8
36	8335	Контро, Китай	4,36	5,54	78,8	3,63	4,69	77,4
37	8327	Скомс белый х Кубань 3, №1	3,51	6,10	57,6	0,44	5,86	7,5
38	8348	Скомс белый х Кубань 3, №2	2,65	6,35	41,7	1,91	8,73	21,9
39	8352	Скомс белый х Кубань 3, №3	3,31	6,40	51,8	1,38	6,44	21,4
40	8323	Скомс белый х Кубань 3, №4	4,44	6,44	68,9	2,77	5,22	53,1
41	8321	Суходол	4,89	7,52	65,0	2,55	6,91	36,9
42	8377	(Суходол х Боярин) х Боярин	4,49	7,02	64,0	1,34	6,81	19,7
43	8373	Суходол х Боярин	3,15	7,03	44,8	0,49	7,74	6,3
44	8381	Суходольный х Кубояр	4,15	7,05	58,9	1,57	6,28	25,0
45	8344	Раздольный х Суходольный	3,56	6,39	55,7	2,02	6,00	33,7
46	8343	Хун-Мо, Китай	3,43	5,09	67,3	2,13	4,17	51,1
47	8332	Командор х Хун-Мо	4,38	6,22	70,4	1,58	6,00	26,3
48	8347	Чан-Чунь-Ман, Китай	4,89	5,45	89,7	4,42	5,14	86,0
49	8334	Командор х Чан-Чунь-Ман, №1	4,17	5,93	70,3	1,50	7,79	19,3
50	8336	Командор х Чан-Чунь-Ман, №2	4,22	6,54	64,5	2,17	7,48	29,0
51	8338	Командор х Чан-Чунь-Ман, №3	5,24	7,14	73,4	4,29	7,13	60,2
52	8345	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №1	3,73	8,10	46,0	0,91	8,99	10,1
53	8349	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №2	4,36	7,42	58,8	2,05	6,47	31,7
54	8365	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №3	4,20	8,17	51,4	0,61	9,49	6,4
55	8369	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №4	4,35	7,04	61,8	1,48	6,39	23,2
56	8371	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №5	4,72	7,54	62,6	1,56	8,64	18,1
57	8375	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №6	3,90	7,71	50,6	2,79	6,79	41,1
58	8385	Чан-Чунь-Ман х Кубояр	4,16	7,47	55,7	0,80	6,13	13,1
59	8341	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, №1	4,52	7,05	64,1	0,41	8,04	5,1
60	8333	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, №2	4,79	7,21	66,3	1,35	9,28	14,5
61	8337	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, №3	3,96	7,45	53,2	3,95	6,20	63,7
62	8379	Чан-Чунь-Ман х Раздольный, №1	4,72	7,06	66,9	0,29	8,46	3,4
63	8387	Чан-Чунь-Ман х Раздольный, №2	5,57	6,91	80,5	1,35	9,88	13,7
64	8383	Чан-Чунь-Ман х Раздольный, №3	4,60	7,30	63,0	0,77	7,22	10,7
65	8389	Чан-Чунь-Ман х Южанин, №1	4,33	6,43	67,4	0,92	5,08	18,1
66	8391	Чан-Чунь-Ман х Южанин, №2	4,82	6,18	77,9	1,00	4,90	20,4
67	8359	Южанин	3,82	7,07	54,0	1,86	6,85	27,2
68	8356	(Ламро х Вираз) х Боярин	3,32	5,14	64,7	0,69	7,65	9,0
		Средние	4,20	6,71	63,7	1,99	6,98	30,1
		НСР ₀₅	0,62	0,99	12,1	0,51	1,08	13,5

Сорта, имевшие низкие величины ИЗУ в 2020–2021 гг., подтвердили свой уровень и в 2022 году. Однако были и такие образцы, которые ранее показали устойчивость к засухе, а при более жестком дефиците влаги потеря-

ли это свойство, например, ЗУЛК 2 снизил его с 80,1 до 11,4 %. Это указывает на различную степень устойчивости генотипов. Корреляция между ИЗУ 2020–21 и 2022 гг. оказалось средней положительной ($r = 0,31 \pm 0,08$).

Максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали сорта Акустик – 3,89 т/га, 8337 (Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, № 3 – 3,95 т/га, 8338 Командор х Чан-Чунь-Ман, № 3 – 4,29 т/га, 8347 Чан-Чунь-Ман – 4,42 т/га, ЗУЛК 8 – 4,83 т/га, ЗУЛК 9 – 5,51 т/га. При этом сорт Акустик имел средние значения засухоустойчивости (43,6 %), однако обладал более высоким потенциалом урожайности, который на контроле составил 8,91 т/га.

Установлено, что корреляция урожайности риса в засушливых условиях с таковой при полной влагообеспеченности была слабой отрицательной ($r = -0,22 \pm 0,12$), а с ИЗУ – высокой положительной ($r = 0,95 \pm 0,04$).

В варианте с имитацией стресса от засухи урожайность и величина всех количественных признаков у изученных линий и образцов существенно различались. В таблице 2 показаны диапазоны, средние значения, коэффициенты вариации (CV) у тринадцати признаков в 2022 году. Высота растений показала низкую изменчивость (CV < 10 %) в обоих вариантах опыта. Масса 1000 зерен имела на контроле низкую изменчивость (CV = 5,5 %), а при засухе –

среднюю (CV = 16,5 %). Это было связано с недостаточным наливом зерна у ряда образцов. Длина метелки имела низкие значения на контроле (8,9 %), но высокие при засухе (26,0 %). Большинство признаков на контрольном варианте показали среднюю изменчивость, кроме процента пустозерности и количества пустых колосков на метелке (CV = 29,6–37,6 %). Это было связано с тем, что из-за засухи и суховея рыльца, ухудшалось их опыление и уменьшалась фертильность колосков.

В условиях засухи изменчивость признаков возрастала, что было связано с различной степенью чувствительности образцов риса к ней. Средняя изменчивость была у массы 1000 зерен и количества растений к уборке, высокая – у признаков «количество продуктивных стеблей к уборке», «кустистость», «длина метелки», «масса растения», «масса зерна с метелки», «общее число колосков на метелке». Очень высокий коэффициент вариации (более 30 %) наблюдали у признаков «плотность метелки», «количество выполненных зерен и пустых колосков в метелке».

Таблица 2. Статистические параметры риса в условиях стресса от засухи и на контроле (2022 г.)
Table 2. Statistical rice parameters under drought stress and on control (2022)

Признак*	Засуха				Контроль				ИЗУ, %
	средние	min	max	CV, %	средние	min	max	CV, %	
1	96,9	88,3	105,6	4,0	101,3	83,9	113,3	6,0	95,7
2	107,7	80,0	177,3	15,7	123,4	70,7	189,3	16,2	87,3
3	309,4	126,9	483,2	25,0	268,6	197,3	377,3	13,3	115,2
4	2,9	1,3	4,6	26,7	2,3	1,8	3,2	13,5	126,1
5	10,6	3,8	16,2	26,0	14,5	12,3	18,2	8,9	73,1
6	4,4	1,4	8,1	32,3	7,5	4,2	11,4	19,9	58,7
7	1,60	0,47	2,78	27,9	3,78	2,83	4,61	10,7	42,3
8	0,61	0,20	0,99	28,2	2,43	1,66	3,01	12,3	25,1
9	19,5	13,4	26,1	16,5	27,7	23,7	30,9	5,5	70,4
10	30,6	10,0	63,3	39,9	94,3	57,5	127,8	15,6	32,4
11	28,3	6,2	57,2	35,8	13,8	5,3	30,5	37,6	205,1
12	58,9	22,7	101,2	28,9	108,0	66,0	155,0	17,0	54,5
13	43,4	10,1	71,7	31,8	12,8	6,1	21,6	29,6	339,1

Примечание. * – признак: 1 – высота растений, см; 2 – количество растений к уборке на 1 м², шт.; 3 – количество продуктивных стеблей к уборке на 1 м², шт.; 4 – кустистость, шт./растение; 5 – длина метелки, см; 6 – плотность метелки, шт./см; 7 – масса растения, г; 8 – масса зерна с метелки, г; 9 – масса 1000 зерен, г; 10 – количество выполненных зерен в метелке, шт.; 11 – количество пустых колосков, шт.; 12 – общее число колосков на метелке, шт.; 13 – пустозерность, %.

Величины количественных признаков, в том числе элементов структуры урожая, на обоих вариантах опыта, то есть в засушливых и нормальных условиях, значительно различались и среди сортов, и между вариантами. Самый низкий индекс засухоустойчивости наблюдался по массе зерна с метелки – 25,1 %. Этот признак является главным фактором, определяющим урожайность. Низкий ИЗУ был также у связанного с ним признака «количество выполненных зерен в метелке» – 32,4 %.

Количество растений к уборке на 1 м² при засухе (107,7 шт.) было немного меньше,

чем на контроле (123,4), поэтому ИЗУ составил 87,3 %. Однако количество продуктивных побегов на 1 м² в условиях периодических поливов даже повысилось по сравнению с затоплением на 40,8 и составило 309,4 шт. за счет повышенной кустистости на богаре – 2,9, шт./растение (2,3 – на контроле), то есть происходила определенная компенсация (ИЗУ = 115,2 %).

По высоте растений диапазон изменчивости образцов на контроле (83,9–113,3 см) был несколько шире по сравнению с засухой (88,3–105,6 см), однако средняя величина здесь (96,9 см) незначительно уступала таковой

на контроле (101,3 см), поэтому величина ИЗУ составила 95,7 %.

Длина метелки при засухе составила 10,6 см, на контроле 14,5 см, то есть существенно уменьшилась (ИЗУ = 73,1 %).

Масса растения при засухе (1,60 г) значительно уступала таковой на контроле (3,78 г), поэтому показатель ИЗУ составил 42,3 %, однако масса зерна с метелки снизилась еще больше, на засухе – 0,61 г (контроль 2,43 г), поэтому ИЗУ снизился до минимального значения 25,1 %.

Общее количество колосков в метелке сформировалось при засухе – 58,9 шт., а при затоплении водой – 108,0 шт., превышая почти в 2 раза, ИЗУ = 54,5 %. Это повлияло и на плотность метелки, которая уменьшилась с 7,5 до 4,4 шт./см (ИЗУ = 58,7 %).

Количество выполненных зерен в метелке при засухе (30,6 шт.) оказалось в 3 раза меньше, чем на контроле (94,3 шт.), поэтому ИЗУ составил всего 32,4%. Это произошло из-за значительного увеличения числа пустых колосков на метелке, которое выросло с 13,82 до 28,3 шт., а величина ИЗУ приобрела большее значение – 205,1 %. Соответственно, увеличился и процент пустозерности – с 12,8 до 43,4 % (ИЗУ = 339,1 %).

Масса 1000 зерен образцов риса в засушливых условиях колебалась от 13,4 до 26,1 г, в среднем 19,5 г, существенно уступая таковой на контроле – диапазон ее составлял от 23,7 до 30,9 г, в среднем 27,7 г. Поэтому показатель ИЗУ снизился до 70,4%. Это произошло из-за повышенной щуплости семян, которые не полностью налились в условиях жесткой засухи. Особенно пострадали позднеспелые образцы, в то время как ранние сорта незначительно уменьшили массу зерновки.

В процессе исследований из разнообразных сортов и образцов выделены засухоустойчивые формы, которые можно использовать

в скрещиваниях при селекции суходольных сортов риса для сельскохозяйственных предприятий, имеющих оборудование периодического орошения полей.

Выводы. В условиях засухи при дефиците влаги в почве урожайность растений в 2020–2021 гг. составила 4,20 т/га, а в 2022 г. была существенно ниже – 1,99 т/га, то есть более чем в 2 раза уступала прошлому периоду. Урожайность на контроле при затоплении незначительно различалась по годам: 6,71 и 6,98 т/га, соответственно. Поэтому средний индекс засухоустойчивости (ИЗУ) в 2022 г. (30,1 %) был значительно ниже, чем в 2020–2021 годах (63,7 %).

Выявлено 9 сортов и образцов, имевших ИЗУ более 50 %: китайские сорта Контро, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, Хун-Мо, селекционные образцы 8323, 8338, 8337, ЗУЛК 8, ЗУЛК 9, у которых соотношение урожайности при засухе и норме составило от 51,1 до 93,7%. Они сформировали максимальную урожайность в засушливых условиях (3,95–5,51 т/га).

Величины количественных признаков в условиях засухи значительно изменяются по сравнению с контролем. Уменьшается высота растений (95,7 %), длина метелки (73,1 %), ее плотность (58,7 %), количество растений к уборке на 1 м² (87,3 %), масса растения (42,3 %), масса метелки (25,1 %), общее число колосков (54,5 %) и зерен на метелке (32,4 %), масса 1000 зерен (70,4 %); увеличивается количество продуктивных стеблей на 1 м² (115,2 %), кустистость (126,1 %), количество пустых колосков на метелке (205,1 %) и процент пустозерности (339,1 %).

Выделены устойчивые к засухе образцы для создания суходольных сортов риса, способных расти в условиях периодического орошения при малом объеме поливной воды.

Библиографические ссылки

1. Гончарова Ю. К., Малюченко Е. А., Очкас Н. А. Селекция сортов риса, адаптированных к недостатку поливной воды // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 66. С. 74–77.
2. Гончарова Ю. К., Очкас Н. А., Харитонов Е. М., Брагина О. А. Создание методики селекции риса на адаптивность к сокращенным нормам полива // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 84. С. 130–134.
3. Luo L. J. Breeding for water-saving and drought-resistance rice (WDR) in China // Journal of Experimental Botany. 2010. Vol. 61, Iss. 13. P. 3509–3517, <https://doi.org/10.1093/jxb/erq185>.
4. Oladosu Y., Rafii M. Y., Samuel C., Fatai A., Magaji U., Kareem I., Kamarudin Z. S., Muhammad I., Kolapo K. Drought Resistance in Rice from Conventional to Molecular Breeding: A Review // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20, Article number: 3519. DOI: 10.3390/ijms20143519.
5. Swain P., Raman A., Singh S. P., Kumar A. Breeding drought tolerant rice for shallow rainfed ecosystem of eastern India // Field Crops Res. 2017. Vol. 209, P. 168–178. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.05.007.
6. Bhandari U., Aakriti G., Khadka B., Thapa I., Chand I., Bhatta D., Poudel A., Pandey M., Shrestha S., Shrestha J. Morpho-physiological and biochemical response of rice (*Oryza sativa* L.) to drought stress: A review // Heliyon. 2023. Vol. 9(9), DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e13744.

References

1. Goncharova Yu. K., Malyuchenko E. A., Ochkas N. A. Seleksiya sortov risa, adaptirovannykh k nedostatku polivnoi vody [Breeding of rice varieties adapted to the lack of irrigation water] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 66. S. 74–77.
2. Goncharova Yu. K., Ochkas N. A., Kharitonov E. M., Bragina O. A. Sozдание metodi-ki selektsii risa na adaptivnost' k sokrashchennym normam poliva [Development of a rice breeding methodology for

adaptability to reduced irrigation rates] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 84. S. 130–134.

3. Luo L.J. Breeding for water-saving and drought-resistance rice (WDR) in China // Journal of Experimental Botany. 2010. Vol. 61, Iss. 13. P. 3509–3517, <https://doi.org/10.1093/jxb/erq185>.

4. Oladosu Y., Rafii M.Y., Samuel C., Fatai A., Magaji U., Kareem I., Kamarudin Z.S., Muhammad I., Kolapo K. Drought Resistance in Rice from Conventional to Molecular Breeding: A Review // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20, Article number: 3519. DOI: 10.3390/ijms20143519.

5. Swain P., Raman A., Singh S.P., Kumar A. Breeding drought tolerant rice for shallow rainfed ecosystem of eastern India // Field Crops Res. 2017. Vol. 209, P. 168–178. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.05.007.

6. Bhandari U., Aakriti G., Khadka B., Thapa I., Chand I., Bhatta D., Poudel A., Pandey M., Shrestha S., Shrestha J. Morpho-physiological and biochemical response of rice (*Oryza sativa* L.) to drought stress: A review // Heliyon. 2023. Vol. 9(9), DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e13744.

Поступила: 06.06.23; доработана после рецензирования: 04.07.23; принята к публикации: 18.07.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П. И. – научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных данных, формирование методологии исследования, анализ данных, написание текста статьи; Аксенов А. В. – закладка опыта, посев сортов, отбор растений для анализа, сбор данных, промеры и подсчеты, заполнение таблиц; Краснова Е. В. – структурный анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЯРОВАЯ ТВЕРДАЯ ПШЕНИЦА БЕЗЕНЧУКСКИЙ ПОДАРОК

П. Н. Мальчиков, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, sagrs-mal@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2141-6836;

М. Г. Мясникова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, marina.myasnikova.61@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7224-0308;

Т. В. Чакеева, научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, chakheeva@icloud.com, ORCID ID: 0000-0002-9328-473X

Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова – филиал СамНЦ РАН, 446254, Самарская обл., Безенчукский р-н, пгт. Безенчук, ул. К. Маркса, д. 41; e-mail: samniish@mail.ru

Цель исследований – определить основные хозяйственно ценные признаки нового сорта яровой твердой пшеницы Безенчукский подарок, его значимость в системе сортов твердой пшеницы и описать основные апробационные признаки. Сорт получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции F_9 746Д-39 / Памяти Чеховича. В его родословную входят Харьковская 46, Безенчукский янтарь, Саратовская золотистая, сорта CIMMYT – Altar 84, Ahninga, промежуточные селекционные линии Самарского НИИСХ – 92Д-4, 2125Д-4, 746Д-18 и селекционная линия НИИСХ Юго-Востока – 358с-94. Полевые эксперименты, фенологические наблюдения и оценки в конкурсном и экологическом сортоиспытаниях проведены в соответствии с требованиями методики Государственной комиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений. Сорт относится к волжской степной экологической группе, среднеспелому биотипу, имеет среднерослый стебель (несет ген редукции высоты *RhtAhng*). За годы изучения (2018–2022 гг.) в конкурсном сортоиспытании новый сорт при средней урожайности зерна 2,36 т/га превысил стандарт Безенчукская 210 на 0,15 т/га и широко распространенный в Поволжье и на Урале сорт Безенчукская золотистая на 0,19 т/га. В экологическом сортоиспытании в Самарском ГАУ (г. Кинель) и в НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов) превышение над местными стандартами составило 1,05 и 0,06 т/га соответственно. В конкурсном сортоиспытании (2018–2022 гг.) новый сорт выделялся по отзывчивости на условия среды (коэффициент регрессии *b*, составил 1,06, у стандарта этот коэффициент составил 1,00), устойчивости к патогенам стеблевой ржавчины и листовым пятнистостям (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp.). Новый сорт выделялся по качеству клейковины – параметры SDS (52 мл), ИГ (94,0 %) позволяют отнести его к классу сортов твердой пшеницы с отличной клейковиной. Таким образом, качество клейковины и продукционные возможности сорта Безенчукский подарок усиливают диверсификацию сортовой системы твердой пшеницы в Среднем Поволжье.

Ключевые слова: твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.), сорт, селекция, адаптивность, устойчивость, стабильность, качество.

Для цитирования: Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г., Чакеева Т. В. Яровая твердая пшеница Безенчукский подарок // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 43–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-43-50.



THE SPRING DURUM WHEAT VARIETY 'BEZENCHUKSKY PODAROK'

P. N. Malchikov, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for spring durum barley breeding, sagrs-mal@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2141-6836;

M. G. Myasnikova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring durum barley breeding, marina.myasnikova.61@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7224-0308;

T. V. Chakheeva, researcher of the laboratory for spring durum barley breeding, chakheeva@icloud.com, ORCID ID: 0000-0002-9328-473X

Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov, a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS, 446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

The purpose of the current study was to determine the main economically valuable traits of the new spring durum wheat variety 'Bezenchuksky podarok', to establish its significance in the system of durum wheat varieties and to describe the main approbation traits. The variety was developed by individual selection from the hybrid population F_9 746D-39/Pamyati Chekhovicha. Its pedigree includes such varieties as 'Kharkovskaya 46', 'Bezenchuksky yantar', 'Saratovskaya zolotistaya', 'CIMMYT – Altar 84', 'Ahninga', intermediate breeding lines '92D-4', '2125D-4', '746D-18' of the Samara RIA and the breeding line '358s-94' of the RIA of the South-East. Field trials, phenological observations and estimations in the competitive and ecological variety trials were carried out in accordance with the requirements of the methodology of the State Commission for Variety Testing and Protection of Breeding Achievements. The variety belongs to the Volga steppe ecological group, middle-maturing biotype, having a medium-sized stem (with the height reduction gene *RhtAhng*). Over the years of study (2018–2022), in the competitive variety testing, a new variety with a mean grain productivity of 2.36 t/ha exceeded the standard variety 'Bezenchukskaya 210' on 0.15 t/ha and the variety 'Bezenchukskaya zolotistaya', which is widespread in the Volga region and the Urals, on 0.19 t/ha. In the ecological variety testing in the Samara SAU (Kinel) and in the RIA of the South-East (Saratov), the excess over local standards was 1.05 t/ha and 0.06 t/ha, respectively. In the competitive variety testing (2018–2022), the new variety

was the best in its responsiveness to environmental conditions (the regression coefficient b_1 was 1.06, the standard variety's coefficient was 1.00), and its resistance to stem rust pathogens and leaf spots (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp.). The new variety was the best in terms of gluten quality with the parameters of SDS (52 ml), and IG (94.0 %), which makes it possible to attribute it to the class of durum wheat varieties with excellent gluten. Thus, gluten quality and production capabilities of the variety 'Bezenchuksky Podarok' have enhanced the diversification of the durum wheat varietal system in the Middle Volga region.

Keywords: durum wheat (*Triticum durum* Desf.), variety, breeding, adaptability, resistance, stability, quality.

Введение. Несмотря на значительные успехи в селекции по всем хозяйственно значимым признакам, создать или даже приблизиться к идеальному (удовлетворяющему потребителя во всех смыслах) сортовому типу не удалось, и вряд ли в ближайшей перспективе возможен такой результат. Поэтому даже в небольших регионах с относительно однородными климатом, почвой и рельефом целесообразно возделывать несколько сортов одной культуры. В связи с этим повсеместно ставится задача – создание и совершенствование региональной системы сортов. Такие признаки твердой пшеницы, как высота растений, параметры вегетационного периода, устойчивость к патогенам, качество зерна, являются определяющими для формирования комплементарной динамики факторов среды и потребностям рынка, системы сортов (Лукомец и др., 2021; De Vita and Taranto, 2019; Мальчиков и др., 2018). В Среднем Поволжье в последние периоды сортосмены сформирована популяция сортов, значительно диверсифицированная по этим признакам. В частности, она включает, наряду с высокорослыми сортами, носителей генов редукции высоты растений – RhtB1b (Безенчукская 209), RhtAnh (Безенчукская 210, Безенчукская золотистая), снижающих высоту растений на 35,0–40,0 и 12,0–15,0 % соответственно. Дифференциация наблюдается также по степени выполненности соломины, вегетационному периоду, устойчивости к патогенам, содержанию желтых пигментов, содержанию белка и качеству клейковины. В 2023 г. в государственный реестр сортов России

по Средневолжскому региону включен новый сорт Безенчукский подарок.

Цель наших исследований заключается в определении основных хозяйственно ценных признаков нового сорта, его значимости в системе сортов твердой пшеницы и в описании основных апробационных признаков.

Материалы и методы исследований.

Сорт создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции F_9 746Д-39 / Памяти Чеховича. Генотипическое разнообразие в этой популяции было инициировано системой последовательных скрещиваний с применением принципов сорта, признака и гена (Бороевич, 1984). Материнская линия 746Д-39 была получена на основе скрещивания сорта Altar 84 (CIMMYT) и селекционной линии, полученной из НИИСХ Юго-Востока – 358с-94. Altar 84 отличался устойчивостью к листовым пятнистостям, бурой ржавчине и мучнистой росе. Линия 358с-94 выделена по признакам скороспелости и устойчивости к засухе. Обе исходные формы характеризуются хорошим качеством клейковины. Отцовский сорт Памяти Чеховича получен в Самарском НИИСХ на основе ряда последовательных скрещиваний (ступенчатая гибридизация) с привлечением коммерческих сортов (Харьковская 46, Безенчукский янтарь, Саратовская золотистая), образца *T. dicoccum* (к-46995) из коллекции ВИР, сорта из CIMMYT – Anhinga – донора гена RhtAnh и линий на их основе – 92Д-4 и 2125Д-4. Схема родословной сорта Безенчукский подарок представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Генеалогия сорта яровой твердой пшеницы Безенчукский подарок
Fig. 1. Genealogy of the spring durum wheat variety 'Bezenchuksky podarok'

Гибридизация родительских генотипов – 746Д-18 / Памяти Чеховича проведена в 2004 году. В 2005–2013гг. гибридная попу-

ляция была репродуцирована от F_1 до F_9 , отбор элитного колоса проведен в F_9 в 2013 году. В 2018–2020 гг. сорт изучен в конкурсном

сортоиспытании Самарского НИИСХ и в экологическом испытании Самарского ГАУ и ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока. На основе полученных данных сорт Безенчукский подарок был передан в систему государственного сортоиспытания, где изучался в 2021–2022 годы. Полевые эксперименты выполнены на опытном участке Самарского НИИСХ в зоне южных черноземов с тяжелосуглинистым механическим составом и с содержанием гумуса 3,5–4,0 %. Фенологические наблюдения, анализ струк-

турных компонентов урожайности в конкурсном и экологическом сортоиспытаниях проведены в соответствии с общими требованиями полевого эксперимента. Площадь делянок 20,0 м² размещение рендомизированное в 4–5 повторениях. Норма высева 450 зерен на 1 м². Метеорологические условия в период изучения нового сорта в конкурсном сортоиспытании в Самарском НИИСХ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Гидротермический коэффициент и поражение растений патогенами в период вегетации по сорту Безенчукская 139, Самарский НИИСХ (2018–2021 гг.)
Table 1. Hydrothermal coefficient and plant damage by pathogens during the vegetation period of the variety 'Bezenchukskaya 139', Samara RIA (2018–2021)

Год	Гидротермический коэффициент по периодам вегетации					Поражение патогенами				Урожайность, т/га*
	всходы – кущение	кущение – трубк.	трубка – формирование зерна	формирование зерна – восков.	показана за вегетацию	альтернариоз, %	фузариозная пятнистость листьев, %	стеблевая ржавчина, тип, %	мучнистая роса, тип, %	
2018	0,27	0,03	0,02	0,67	0,40	35,0	–	4/40	4/30	0,99
2019	0,14	0,14	0,09	1,00	0,62	–	–	–	–	1,54
2020	0,47	0,58	0,59	0,11	0,46	–	–	–	–	1,86
2021	0,67	1,24	0,96	0,43	0,80	–	50,0	–	–	2,43
2022	1,74	2,06	0,60	1,20	1,19	30,0	–	–	4/30	4,14

Примечание. Сокращение: трубк. – трубкование; восков. – восковая; * – показана средняя урожайность изученных в Самарском НИИСХ сортов.

По средней урожайности зерна изученных и представленных в данном исследовании сортов условия среды в годы изучения можно распределить на группы. Очень благоприятные условия наблюдались в 2022 г. – величина урожайности составила 4,14 т/га; благоприятные условия при урожайности 2,43 т/га сложились в 2021 г.; средние с урожайностью 1,54 т/га и 1,86 т/га – 2019, 2020 гг. соответственно; неблагоприятные с урожайностью 0,99 т/га – в 2018 году. В 2018 г. урожайность лимитировалась засухой, особенно в период вегетативного роста. Условия 2019 г. также были засушливыми, динамика гидротермического коэффициента в течение вегетационного периода соответствовала 2018 г., но, если судить по абсолютным значениям ГТК, засуха в 2019 г. была мягче, чем в 2018 году. В 2020 г. засушливые условия наблюдались в период налива зерна. В 2021 г. основным лимитирующим фактором была эпифитотия фузариозной листовой пятнистости, неустойчивые сорта к моменту налива зерна почти полностью утратили ассимиляционную поверхность, что негативно отразилось на массе зерновки. 2022 г. был оптимальным по осадкам и температурным условиям в течение всего периода вегетации. Поражение листовыми пятнистостями (*Alternaria* sp.) наблюдалось только на восприимчивых генотипах. Таким образом, условия среды в годы изучения сорта Безенчукский подарок в конкурсном сортоиспытании Самарского НИИСХ были кон-

трастными и позволили определить уровень адаптивности нового сорта.

Тип реакции растений на внедрение патогенов бурой, стеблевой ржавчины определяли по шкалам Е. В. Mains, Н. S. Jackson (в интерпретации М. Койшибаева, 2018), Стэкмана, Левина (McIntosh et al., 1995) соответственно, степень поражения ржавчиной – по R. F. Peterson et. al., степень поражения листовыми пятнистостями оценивали по шкале Saari E. E., Prescott J. M. (в интерпретации М. Койшибаева, 2018). Оценку урожайности нового сорта по адаптивности, стабильности и отзывчивости на изменение условий среды проводили на основе многолетних (2018–2022 гг.) данных в сравнении с сортом предыдущего этапа селекции Безенчукская 182 (1993 г. – год включения в реестр) и современными сортами – Безенчукская нива, Безенчукская 210 (стандарт), Безенчукская золотистая, Триада, Безенчукская юбилейная, включенных в реестр в 2012, 2015, 2016, 2020 и 2021 гг. соответственно, по параметрам: A_s – агрономическая стабильность Сазоновой, Власовой, P_i – меры превосходства сорта, H_{om} – гомеостатичность признака по В. В. Хангильдину, b_i – коэффициент регрессии генотипа на среду как меру отзывчивости сорта. Все параметры рассчитывали по формулам, взятым из монографии А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой (1997): $A_s = 100 - C_v$; $P_i = \sum (X_{ij} - M_i)^2 / 2n$; $H_{om} = X^2 / (X_{opt} - X_{lim}) \cdot \sigma$, где C_v – коэффициент вариации, X_{ij} – величина признака i -го сорта

в j -й год, M_i – максимальное значение признака любого сорта в j -й год, n – число мест испытаний, X – средняя величина признака сорта в ряде экспериментов, X_{opt} – максимальная величина признака сорта, X_{lim} – минимальная величина признака сорта, σ – среднеквадратическое отклонение признака исследуемого сорта в ряде экспериментов, X_{ik} – значение признака в конкретной среде, d_k – значение среды. Дисперсионный анализ данных выполнен с применением программы Microsoft Office Excel. Качество зерна определяли по параметрам стекловидности, абсолютной и натурной массы, содержанию белка, клейковины, желтых пигментов по общепринятым методикам, утвержденным методической комиссией Самарского НИИСХ. Качество клейковины – по параметрам седиментации (объем осадка, полученного из опытного образца муки в рабочем растворе молочной кислоты с добавлением додецилсульфата натрия – SDS вариант) и индексу глютена (ИГ), измеренному на приборе «Глютоматик». Макароны качества оценивали по ГОСТ 31964-2012.

Результаты и их обсуждение. При изучении апробационных признаков авторами установлено, что сорт относится к разновидности гордеиформе, стебель средней толщины, средней длины и выпуклости. Листовая пластинка длинная, опушение отсутствует, восковой налет на листовой пластинке очень сильный. Колос пирамидальный, средней длины, рыхлый. Колосковая чешуя ланцетная, плечо узкое, округлое, зубец слегка изогнут, ости светло-коричневые, длинные, расположены параллельно колосу, зерновка белая, хохолок средней длины. Урожайность зерна нового сорта на сортоучастках Средневолжского региона по заявлению экспертного совета Госкомиссии в среднем за 2021–2022 гг. была выше стандарт-

ных сортов. Достоверное преимущество над стандартом наблюдалось на Безенчукском ГСУ (2021 г.), Кошкинском ГСУ (2021–2022 гг.), Самарской области и на Ульяновском и Чердаклинском сортоучастках Ульяновской области в 2021–2022 годах. Результаты сравнения нового сорта со стандартом по Средневолжскому региону в конкурсном сортоиспытании Самарского НИИСХ за 5 лет (2018–2022 гг.) представлены в таблице 1. Средняя урожайность зерна сорта Безенчукский подарок составила 2,36 т/га, что на 0,13 т/га, или на 6,8 %, больше показателя стандарта Безенчукская 210. В годы эпифитотий он слабее, чем стандарт, поражался стеблевой ржавчиной, фузариозом и альтернариозом листа. Новый сорт относится к среднеспелому среднерослому типу: период «всходы – колошение» в среднем за годы испытания составил 43,5 дня, длина соломины – 69,3 см, что не отличается от Безенчукской 210. Новый сорт достоверно превосходит стандарт по устойчивости к полеганию, качеству зерна – стекловидности и особенно прочности клейковины, по параметрам SDS седиментации и индексу глютена (ИГ, GI). По качеству макаронных изделий – прочности, разваримости, количеству сухих веществ в варочной воде, цвету – по шкале, применяемой в Госкомиссии, сорт отнесен к группе с хорошими макаронными свойствами (табл. 2). Аналогичную оценку сорт получил при изучении в технологической лаборатории Госкомиссии – качество макарон хорошее и отличное.

Сорт Безенчукский подарок, так же как Безенчукская 210 и Безенчукская золотистая, унаследовал от родительского генотипа Памяти Чеховича ген редукции высоты растений RhtAhn, который стабильно снижает высоту растений на 12,0–15,0 % (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика сорта Безенчукский подарок по основным агрономическим и биологическим признакам, конкурсное сортоиспытание, Самарский НИИСХ (2018–2022 гг.)
Table 2. Characteristics of the variety 'Bezenchuksky Podarok' according to the main agricultural and biological traits, the competitive variety testing, Samara RIA (2018–2022)

Признак, свойство	Единица измерения	Новый сорт Безенчукский подарок	Стандарт Безенчукская 210	HCP _{0,05}
Урожайность 2018–2022 гг., п.г.т. Безенчук	т/га	2,36	2,21	0,14
Период «всходы–колошение»	дней	43,5	43,5	1,8
Устойчивость к засухе	балл (1–9)*	7,0	7,0	–
Длина соломины	см	69,3	69,2	5,1
Устойчивость к полеганию	балл (1–9)*	8,0	6,5	0,8
К.хоз. растения	%	40,3	39,2	3,5
Натура зерна	г/литр	795	797	Ff < Ft
Масса 1000 зерен	г	38,5	35,7	2,5
Число зерен в колосе	шт.	22,6	23,0	Ff < Ft
Поражение листьев бурой ржавчиной (Puccinia recondita Desm.)	тип/%*	4/5	4/5	–
Поражение листьев стеблевой ржавчиной (Puccinia graminis f.sp.tritici)	тип/%*	4/15	4/30	–
Поражение листьев Fusarium sp.	R...S/%*	R/5	R/10	–
Поражение листьев Alternaria sp.	R...S/%*	R/MR/17,5	MR/30,0	–
Содержание белка в зерне	%	16,6	15,8	0,6
Содержание клейковины в зерне	%	30,8	30,8	Ff < Ft
Стекловидность	%	90,1	83,5	5,9

Продолжение табл. 2

Признак, свойство	Единица измерения	Новый сорт Безенчукский подарок	Стандарт Безенчукская 210	НСР _{0,05}
SDS седиментация	мл	52,0	35,0	5,0
ИГ	%	94,0	43,0	8,0
Цвет макарон	балл	4,0	4,3	0,4
Общая оценка макарон	балл	4,8	4,2	Ff < Ft

Примечание. * – максимум за годы изучения. Поражение стеблевой ржавчиной отмечено в год эпифитотии (2016) в питомнике контрольного испытания.

По урожайности зерна новый сорт за период 2018–2022 гг. достоверно превысил Безенчукскую 182, Безенчукскую золотистую и Безенчукскую 210 (включены в реестр в 1993, 2015 и 2016 гг. соответственно). По индексу урожая (К.хоз) достоверное преимущество но-

вого сорта установлено над Безенчукской 182 и Безенчукской нивой, по массе 1000 зерен – над Безенчукской 182 и Безенчукской 210. По числу растений на 1 м² и числу зерен в колосе достоверных различий между сортами в этом эксперименте не получено (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность и элементы ее структуры сорта Безенчукский подарок в сравнении с коммерческими сортами, конкурсное сортоиспытание, Самарский НИИСХ (2018–2022 гг.)
Table 3. Productivity and its structure of the variety 'Bezenchuksky podarok' in comparison with commercial varieties, the competitive variety testing, Samara RIA (2018–2022)

Сорт	Год включения в реестр	Наличие генов Rht	Урожайность и элементы ее структуры					
			урожайность, т/га	длина соломки, см	число растений на 1 м ² , шт.	к.хоз растения, %	число зерен в колосе, шт.	масса 1000 зерен, г
Б182	1993	нет	1,82	80,7	350,0	34,8	20,8	35,2
БН	2012	нет	2,22	78,8	358,2	37,3	23,7	40,8
Б210	2015	RhtAnh	2,21	69,2	330,0	39,2	23,0	35,7
БЗ	2016	RhtAnh	2,17	73,3	305,2	41,0	23,1	37,8
Триада	2020	RhtB1b	2,25	57,9	334,2	41,0	24,1	35,1
БЮ	2021	нет	2,40	76,8	326,0	41,5	24,6	42,4
БП	2023	RhtAnh	2,36	69,3	321,4	40,5	22,6	38,5
НСР _{0,05}	–	–	0,14	5,1	Ff<Ft	3,1	Ff<Ft	2,5

Примечание. Сокращения: Б – Безенчукский(ая); Н – Нива; З – Золотистая; Ю – Юбилейная П – Подарок.

Параметры стабильности и отзывчивости урожайности нового сорта в сравнении с другими коммерческими сортами представлены в таблице 4. По агрономической стабильности урожайности (параметр As) все современные сорта, включая Безенчукский подарок, превысили сорт Безенчукская 182 на 18,5–29,8 %. По параметру гомеостатичности (Ном – в одной цифре учитывает стабильность и отзывчивость генотипа: чем выше значение, тем более оптимален баланс этих свойств) лучшими были Безенчукская золотистая, Безенчукская нива, Безенчукская юбилейная (1,37–1,44), минимальная величина гомеостатичности установлена для сорта Безенчукская 182 (1,0), промежуточное положение между этими группами заняли сорта Триада, Безенчукская 210

и Безенчукский подарок (1,18–1,21). Лучшими сортами по параметру превосходства над лучшим генотипом в каждой среде (P_i – чем меньше отличий от лучшего генотипа, тем меньше значение) были Безенчукская юбилейная и Безенчукский подарок. Эти же сорта оказались более отзывчивыми на благоприятные условия среды по параметру b_i. Сравнение сорта Безенчукский подарок с сортами среднерослого морфотипа – носителями гена RhtAnh Безенчукской 210 и Безенчукской золотистой позволило установить преимущество нового сорта по отзывчивости на среду (параметр – b_i) и превосходству сорта над лучшим генотипом (P_i). По параметрам As и Ном не отличался от Безенчукской 210, но уступал Безенчукской золотистой, особенно по гомеостатичности.

Таблица 4. Стабильность и отзывчивость на условия среды урожайности зерна сорта Безенчукский подарок, конкурсное сортоиспытание, Самарский НИИСХ (2018–2022 гг.)
Table 4. Stability and responsiveness to environmental conditions of the grain productivity of the variety 'Bezenchuksky Podarok', the competitive variety testing, Samara RIA (2018–2022)

Сорт	Параметры стабильности и отзывчивости			
	As	Ном	P _i	b _i
Безенчукская 182	36,6	1,00	23,6	0,82
Безенчукская нива	46,6	1,40	3,6	1,01
Безенчукская 210	43,7	1,21	4,1	1,00
Безенчукская золотистая	47,5	1,44	5,6	0,98
Триада	44,6	1,18	3,3	1,03
Безенчукская юбилейная	47,2	1,37	0,6	1,07
Безенчукский подарок	43,5	1,21	1,8	1,06

Адаптивность нового сорта к условиям различных экологических регионов подтвердилась в сортоиспытании, проведенном в Самарском ГАУ (г. Кинель) и НИИСХ Юго-

Востока (г. Саратов), где он превысил стандарты на 1,05 и 0,06 т/га соответственно.

Результаты сравнительного изучения сортов по качеству зерна, клейковины и макаронным свойствам представлены в таблице 5.

Таблица 5. Качество зерна, клейковины и макаронных изделий сорта Безенчукский подарок в сравнении с коммерческими сортами твердой пшеницы, конкурсное сортоиспытание, Самарский НИИСХ (2018–2022гг.)

Table 5. The quality of grain, gluten, and pasta of the variety 'Bezenchuksky podarok' in comparison with commercial varieties of durum wheat, the competitive variety testing, Samara RIA (2018–2022)

Сорт	Содержание в зерне		Качество клейковины		Качество макарон			
	белка, %	желтых пигментов, ppm	SDS, мл	ИГ, %	цвет, балл (1–5)	прочность, г	коэффиц. разваримости по весу	сухой остаток в варочной воде, %
Б182	16,5	4,5	30	42	3,5	805	3,4	6,1
БН	15,8	5,8	39	50	3,5	914	3,2	5,9
Б210	16,6	6,5	35	43	4,3	1035	3,1	5,9
БЗ	16,8	7,9	42	59	5,0	1010	3,4	5,7
Триада	15,9	5,3	49	88	4,0	989	3,2	6,0
БЮ	15,7	5,2	41	50	4,0	1000	3,2	6,0
БП	16,6	5,9	52	94	4,0	1000	3,2	5,9
НСР _{0,05}	0,6	0,2	5	8	0,4	58	Ff<Ft	Ff<Ft

Примечание. Сокращения: Б – Безенчукский(ая); Н – Нива; З – Золотистая; Ю – Юбилейная; П – Подарок.

По содержанию белка сорта можно распределить на две группы с достоверным различием по величине признака: первая включает три сорта (Безенчукская юбилейная, Безенчукская нива, Триада) с накоплением белка 15,7–15,9 %, вторая – четыре сорта (Безенчукская 182, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Безенчукский подарок) с накоплением белка 16,5–16,8 %, что в обоих случаях удовлетворяет требованиям технологии изготовления качественных макарон (Beres et al., 2020). Содержание белка в зерне и особенно клейковины имеет тенденцию к отрицательной взаимосвязи с качеством клейковины – упругостью, прочностью, растяжимостью и эластичностью, интегральными характеристиками которых являются параметры индекс глютена (ИГ) и SDS (Roncallo et al., 2021). В связи с этим ценным является сочетание у сорта Безенчукский подарок высокого содержания белка в зерне (16,6 %) и высококачественной клейковины (SDS = 52 мл, ИГ = 94 %). Высокое качество клейковины установлено для сорта Триада, но сорт достоверно меньше, чем Безенчукский подарок, накапливал белка в зерне.

Накопление желтых пигментов в зерне в значительной степени влияет на цвет готовых макаронных изделий (Colasuonno et al., 2019:). В исследуемом наборе сортов эта закономерность также проявилась. Цвет макаронных изделий, изготовленных из зерна Безенчукской золотистой с максимальным накоплением желтых пигментов (7,9 ppm), стабильно во все годы изучения оценивался 5 баллами по 5-балльной шкале. Минимальная оценка (3,5 балла) была отмечена у сортов Безенчукская 182 и Безенчукская нива, первый из них накапливал наименьшее количество желтых пигментов.

Безенчукский подарок по содержанию пигментов в зерне с величиной признака 5,9 ppm вошел в третью группу сортов, уступив Безенчукской 210 (6,5 ppm) и Безенчукской золотистой. По цвету макаронных изделий (4 балла) новый сорт незначимо отличался от Безенчукской 210 (4,3 балла) и достоверно уступил только Безенчукской золотистой. По прочности макарон (1000 г) Безенчукский подарок не отличался от современных сортов – Безенчукской нивы, Безенчукской 210, Безенчукской золотистой, Триады, Безенчукской юбилейной и достоверно превосходил Безенчукскую 182. По коэффициенту разваримости и остатку сухих веществ в варочной воде между всеми изученными сортами достоверных различий не обнаружено.

Выводы. В результате целенаправленной селекции в Самарском НИИСХ создан новый сорт яровой твердой пшеницы Безенчукский подарок. Сорт решением экспертной комиссии Российской Федерации рекомендован для хозяйственного использования в Средневолжском регионе. В многолетнем сортоиспытании в Самарском НИИСХ достоверно превысил по урожайности стандартный сорт Безенчукская 210, современный и самый распространенный в России сорт Безенчукская золотистая и сорт 1993 г. Безенчукская 182. Существенных различий по урожайности с современными сортами – Безенчукская нива, Триада и Безенчукская юбилейная не обнаружено. В условиях эпифитотной патологии установлена более высокая, чем у стандарта, устойчивость нового сорта к стеблевой ржавчине и листовым пятнистостям (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp.). Он несет ген редукции высоты растений *RhtAnh*, производственные возможно-

сти позволяют использовать его в системе сортов Средневожского региона в качестве более отзывчивого на агрофон и более крупнозерного компонента в группе сортов с укороченной соломиной – Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Триада. Высокое качество клейковины нового сорта (параметры SDS – 52 мл, ИГ = 94,0 %) в системе сортов твердой пшеницы Средневожского региона является комплексным свойством, дополняющим группу

сортов (Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость), отличающихся высоким содержанием желтых пигментов в зерне, что создает благоприятные перспективы их системного использования для получения качественного зерна.

Благодарность. Статистическая обработка результатов по качеству зерна и клейковины была выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (проект № 23-16-00041).

Библиографические ссылки

1. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений. М.: «Колос», 1984. 344 с.
2. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Техналогшя, 1997. 372 с.
3. Койшибаев М. Бolestи пшеницы. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO). Анкара, 2018. 365 с.
4. Лукомец В. М., Трунова М. В., Демурин Я. Н. Современные тренды селекционно-генетического улучшения сортов и гибридов подсолнечника во ВНИИМК // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25(4). С. 388–393. DOI: 10.18699/VJ21.042.
5. Мальчиков П. Н., Розова М. А., Моргун А. И., Мясникова М. Г., Зеленский Ю. И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(8). С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.
6. Beres B. L., Rahmani E., Clarke J. M., Grassini P., Pozniak C. J., Geddes C. M., Parker K. D., May W. E. and Ransom J. K. A Systematic Review of Durum Wheat: Enhancing Production Systems by Exploring Genotype, Environment, and Management (G × E × M) Synergies // *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11, Article number: 568657. DOI: 10.3389/fpls.2020.568657.
7. Colasuonno P., Marcotuli I., Blanco A., Maccaferri M., Condorelli G. E., Tuberosa R., Parada R., de Camargo A. C., Schwember A. R., Gadaleta A. Carotenoid pigment content in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum): an overview of quantitative trait loci and candidate genes // *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10, Article number: 1347. DOI: 10.3389/fpls.2019.01347.
8. De Vita P., Taranto F. Durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) breeding to meet the challenge of climate change // *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. 2019. Vol. 5, P. 471–524. DOI: 10.1007/978-3-030-23108-8_13.
9. McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. Wheat rusts: An Atlas of Resistance Genes. CSIRO. Australia, Springer Dordrecht, 1995. 205 p.
10. Roncallo P. F., Guzmán C., Larsen A. O., Achilli A. L., Dreisigacker S., Molfese E., Astiz V., Echenique V. Allelic Variation at Glutenin Loci (Glu-1, Glu-2 and Glu-3) in a Worldwide Durum Wheat Collection and Its Effect on Quality Attributes // *Foods*. 2021. Vol. 10(11), Article number: 2845. <https://doi.org/10.3390/foods10112845>.

References

1. Boroevich S. Printsipy i metody selektsii rastenii [Principles and methods of plant breeding]. M.: «Kolos», 1984. 344 s.
2. Kil'chevskii A. V., Khotyleva L. V. Ekologicheskaya selektsiya rastenii [Ecological plant breeding]. Minsk: Tekhnalogshya, 1997. 372 s.
3. Koishibaev M. Bolesti pshenitsy. Prodovol'stvennaya i sel'skokhozyaistvennaya organizatsiya OON (FAO) [Wheat diseases. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)]. Ankara, 2018. 365 s.
4. Lukomets V. M., Trunova M. V., Demurin Ya. N. Sovremennye trendy selektsionno-geneticheskogo uluchsheniya sortov i gibridov podsolnechnika vo VNIIMK [Current trends in breeding and genetic improvement of sunflower varieties and hybrids at VNIIMK] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2021. № 25(4). S. 388–393. DOI: 10.18699/VJ21.042.
5. Mal'chikov P. N., Rozova M. A., Morgunov A. I., Myasnikova M. G., Zelenskii Yu. I. Velichina i stabil'nost' urozhainosti sovremennogo selektsionnogo materiala yarovoi tverdoi pshenitsy (*Triticum durum* Desf.) iz Rossii i Kazakhstana [The value and stability of the productivity of modern breeding material of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2018. № 22(8). С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.
6. Beres B. L., Rahmani E., Clarke J. M., Grassini P., Pozniak C. J., Geddes C. M., Parker K. D., May W. E. and Ransom J. K. A Systematic Review of Durum Wheat: Enhancing Production Systems by Exploring Genotype, Environment, and Management (G × E × M) Synergies // *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11, Article number: 568657. DOI: 10.3389/fpls.2020.568657.
7. Colasuonno P., Marcotuli I., Blanco A., Maccaferri M., Condorelli G. E., Tuberosa R., Parada R., de Camargo A. C., Schwember A. R., Gadaleta A. Carotenoid pigment content in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum): an overview of quantitative trait loci and candidate genes // *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10, Article number: 1347. DOI: 10.3389/fpls.2019.01347.
8. De Vita P., Taranto F. Durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) breeding to meet the challenge of climate change // *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. 2019. Vol. 5, P. 471–524. DOI: 10.1007/978-3-030-23108-8_13.

9. McIntosh R.A., Wellings C.R., Park R.F. Wheat rusts: An Atlas of Resistance Genes. CSIRO. Australia, Springer Dordrecht, 1995. 205 p.

10. Roncallo P.F., Guzmán C., Larsen A.O., Achilli A.L., Dreisigacker S., Molfese E., Astiz V., Echenique V. Allelic Variation at Glutenin Loci (Glu-1, Glu-2 and Glu-3) in a Worldwide Durum Wheat Collection and Its Effect on Quality Attributes // Foods. 2021. Vol. 10(11), Articlenumber: 2845. <https://doi.org/10.3390/foods10112845>.

Поступила: 01.06.23; доработана после рецензирования: 11.07.23; принята к публикации: 13.07.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Мальчиков П.Н. – разработка концепции, сбори обработка экспериментальных данных, написание рукописи; Мясникова М.Г. – сбор и обработка экспериментальных данных, написание рукописи; Чახеева Т.В. – сбор и обработка экспериментальных данных, написание рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.11 «321»:631.524.85 (571.12)

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-51-58

СОРТОВОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ОЦЕНКА ЕЕ СОРТОВ ПО УРОЖАЙНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. Сапега, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры
техносферной безопасности, ORCID ID: 0000-0001-6268-3896
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет,
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38; e-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Цель исследований – оценка сортового районирования яровой пшеницы в Тюменской области, а также урожайного и адаптивного потенциала ее сортов в условиях северной лесостепной зоны области. Сортовое районирование яровой пшеницы на 2022 г. включает 18 сортов. Наибольшая средняя урожайность отмечена у сортов Екатерина (3,14 т/га – среднеранний), КВС Аквилон (3,60 т/га – среднеспелый) и Мелодия (3,86 т/га – среднепоздний). Лучшими по стрессоустойчивости были сорта Новосибирская 15 (среднеранний, –1,59), Черныява 13 (среднеспелый, –1,42) и Мелодия (среднепоздний, –2,08). К сильно отзывчивым, интенсивным сортам с коэффициентом регрессии $b_1 > 1$ отнесены сорта Екатерина (среднеранний), Икар, Авида, Омская 36, КВС Аквилон (среднеспелые), Рикс и Мелодия (среднепоздние). Лучшими по стабильности были сорта в среднеранней группе – Ирень ($S^2 = 1,82$), Тюменская 25 ($S^2 = 0,92$) и среднеспелой группе – Лютесценс 70 ($S^2 = 0,92$), Черныява 13 ($S^2 = 1,18$) и Тюменская 29 ($S^2 = 1,61$). Наибольшим показателем уровня и стабильности урожайности характеризовались сорта Екатерина ($P_{\text{ycc}} = 197,8\%$, среднеранний), Тюменская юбилейная ($P_{\text{ycc}} = 202,5\%$, среднеранний), Черныява 13 ($P_{\text{ycc}} = 170,9\%$, среднеспелый), Гренада ($P_{\text{ycc}} = 122,9\%$, среднеспелый) и Мелодия ($P_{\text{ycc}} = 154,2\%$, среднепоздний). По общей адаптивной способности лучшим среднеранним сортом был Екатерина (ОАС = 0,39), среднеспелым – Черныява 13 (ОАС = 0,18) и КВС Аквилон (ОАС = 0,26), среднепоздним – Мелодия (ОАС = 0,19). По сумме рангов показателей урожайности и адаптивности наиболее ценными в группе среднеранних признан сорт Екатерина (сумма рангов 20), в группе среднеспелых – Черныява 13 (сумма рангов 23) и в группе среднепоздних – Мелодия (сумма рангов 10).

Ключевые слова: сортовое районирование, яровая пшеница, сорт, урожайность, отзывчивость, стабильность, общая адаптивная способность.

Для цитирования: Сапега В. А. Сортовое районирование яровой пшеницы и оценка ее сортов по урожайности и адаптивности в Тюменской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 51–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-51-58.



VARIETAL ZONING OF SPRING WHEAT AND ESTIMATION OF ITS VARIETIES ACCORDING TO PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY IN THE TYUMEN REGION

V.A. Sapega, Doctor of Agricultural Sciences, professor at the Department of Technosphere Security,
ORCID ID: 0000-0001-6268-3896
FSBEI HE Tyumen Industrial University,
625000, Tyumen, Volodarky Str., 38; e-mail: sapegavalerii@rambler.ru

The purpose of the current study was to estimate the varietal zoning of spring wheat in the Tyumen region, as well as a productivity and adaptability potential of its varieties in the conditions of the northern forest-steppe zone of the region. Varietal zoning of spring wheat in 2022 included 18 varieties. The largest mean productivity was produced by the varieties 'Ekaterina' (3.14 t/ha, a middle-early variety), 'KVS Akvilon' (3.60 t/ha, a middle maturing variety) and 'Melodiya' (3.86 t/ha, a middle late variety). The best stress resistant varieties were 'Novosibirskaya 15' (a middle-early variety, –1.59), 'Chernyava 13' (a middle maturing variety, –1.42) and 'Melodiya' (a middle late variety, –2.08). The varieties 'Ekaterina' (a middle-early variety), 'Ikar', 'Aviada', 'Omskaya 36', 'KVS Akvilon' (a middle maturing variety), 'Riks' and 'Melodiya' (a middle late variety) belong to the strongly responsive, intensive varieties, with a regression coefficient $b_1 > 1$. The best stable varieties in the middle-early group were the varieties 'Iren' ($S^2 = 1.82$), 'Tyumenskaya 25' ($S^2 = 0.92$) and the varieties 'Lutescens 70' ($S^2 = 0.92$), 'Chernyava 13' ($S^2 = 1.18$), 'Tyumenskaya 29' ($S^2 = 1.61$) in the middle maturing group. The varieties 'Ekaterina' ($P_{\text{cond}} = 197.8\%$, a middle early variety), 'Tyumenskaya Yubileynaya' ($P_{\text{cond}} = 202.5\%$, a middle early variety), 'Chernyava 13' ($P_{\text{cond}} = 170.9\%$, a middle maturing variety), 'Grenada' ($P_{\text{cond}} = 122.9\%$, a middle maturing variety) and 'Melodiya' ($P_{\text{cond}} = 154.2\%$, a middle late variety) were characterized with the largest indicator of the productivity level and stability. According to the general adaptability, the best middle early variety was 'Ekaterina' (GA = 0.39), the middle maturing ones was 'Chernyava 13' (GA = 0.18) and 'KVS Akvilon' (GA = 0.26), the middle late variety was 'Melodiya' (GA = 0.19). According to the sum of the ranks of productivity and adaptability indicators, the most valuable variety in the middle early group was 'Ekaterina' (the sum of ranks was 20), in the middle maturing group was 'Chernyava 13' (the sum of ranks was 23) and in the middle late group was 'Melodiya' (the sum of ranks was 10).

Keywords: varietal zoning, spring wheat, variety, productivity, responsiveness, stability, general adaptability.

Введение. Основным направлением устойчивого наращивания производства зерна является переход на ресурсосберегающие технологии, а также биологический фактор – создание

и внедрение в производство высокопродуктивных, экологически устойчивых сортов (Dragavtsev, 2019).

В структуре полевых культур Западно-Сибирского региона, с учетом зональных почвенно-климатических особенностей, доминируют зерновые культуры – 8,6 млн га, из них более 73 % занимает яровая пшеница (Юшкевич и др., 2021).

В повышении урожайности зерновых культур важная роль отводится сорту. Так, для различных зон Российской Федерации соотношение вкладов в повышение урожая за счет улучшения агротехнологий и совершенствования селекционных технологий составляют от 50:50 % до 30:70 % (Якушев и др., 2015).

Современные сорта, в частности яровой пшеницы, характеризуются высоким потенциалом продуктивности. Однако уровень реализации их генетического потенциала в производстве, в частности в условиях Западной Сибири, низкий и значительно варьирует по годам под влиянием абиотических и биотических факторов. Это связано в первую очередь с внедрением в производство сортов с недостаточным уровнем экологической устойчивости (Гончаренко, 2016). В процессе селекции и сортоиспытания необходимо вести работу в направлении создания и внедрения в производство как высоко адаптированных сортов, обеспечивающих стабильность урожайности, так и узкоспециализированных, приспособленных к конкретным условиям среды (Мальчиков и др., 2018). В решении вышеотмеченных проблем важная роль отводится комплексной оценке селекционного материала по параметрам адаптивности, что обеспечит как повышение урожайности, так и ее стабильности (Чешкова и др., 2020).

Цель исследования – оценка сортового районирования яровой пшеницы в Тюменской области, а также урожайного и адаптивного потенциала ее сортов в условиях северной лесостепной зоны области.

Материалы и методы исследований.

В качестве материала исследования использовали данные сортового районирования сельскохозяйственных культур по Тюменской области на 2022 г., а также урожайности сортов яровой пшеницы по результатам их испытания за 2019–2022 гг. в условиях северной лесостепной зоны области (Омутинский ГСУ) (Градобоева и Федорук, 2022). Изучали 16 сортов яровой пшеницы, в том числе 6 среднеранних, 8 среднеспелых и 2 среднепоздних.

Предшественником в годы испытания сортов был пар. Учетная площадь делянки – 25 м², повторность – 4-кратная, размещение сортов в опыте – рендомизированное. Стандартом в группе среднеранних сортов был сорт Тюменская 25, среднеспелых – КВС Аквилон, среднепоздних – Мелодия. Норма высева

сортов яровой пшеницы – 6,0 млн всх. семян на 1 га, глубина заделки семян в зависимости от метеорологических условий – 3–5 см, срок посева – вторая декада мая. Посев проводили сеялкой ССН-16, а уборку сортов – малогабаритным комбайном «Сампо-2010».

Погодные условия в годы испытания сортов носили контрастный характер. Среднесуточная температура воздуха в июне во все годы исследования была ниже среднееголетних значений – от 0,4 °C в 2021 г. до 2,0 °C в 2020 г. при среднееголетнем значении 17,2 °C, а в июле и августе она превышала среднееголетнее значение во все годы и особенно в августе – от 1,4 °C в 2022 г. до 3,6 °C в 2020 г. при среднееголетнем значении 15,5 °C.

Сумма осадков за тот же период характеризовалась превышением среднееголетних значений в июне 2019 г. (91,5 мм) и 2022 г. (61,1 мм) при норме 48 мм, а также в августе 2019 г. (74,5 мм) и в июле 2022 г. (71,9 мм) при норме соответственно 57 и 69 мм. В остальные годы за июнь – август сумма осадков была ниже среднееголетних значений, особенно, в 2020 г. в июне (31,0 % от нормы) и июле (12,0 % от нормы).

Стрессоустойчивость сортов яровой пшеницы определяли по уравнениям А. А. Rossielle, J. Hemblin (1981), а изменчивость урожайности сортов – по методике Б. А. Доспехова (2014). Экологическую пластичность сортов определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966), а показатель уровня и стабильности урожайности сорта и общую адаптивную способность сортов – соответственно по методике Э. Д. Неттевича с соавт. (1985) и А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой (1997). Ранжирование сортов по величине параметров урожайности и адаптивности проводили по методике П. Н. Николаева с соавт. (2020).

Результаты и их обсуждение. Всего допущено к использованию по Тюменской области на 2022 г. 18 сортов яровой пшеницы, из них 8 среднеранних, 8 – среднеспелых и 2 – среднепоздних (табл. 1).

После 2000 г. допущено к использованию 17 сортов, в том числе за период 2013–2022 гг. – 8 сортов. Большинство сортов яровой пшеницы районировано по области. Наибольшей продолжительностью районирования в группе среднеранних характеризовался сорт Ирень (25 лет), в группе среднеспелых – Лютеценс 70 (30 лет) и в группе среднепоздних – Рикс (12 лет). Оригинаторами подавляющего большинства сортов являются селекционные научно-исследовательские центры Уральского и Сибирского регионов. Следует отметить, что из общего количества допущенных к использованию сортов яровой пшеницы оригинатором 8 сортов (44 %) является Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН».

Таблица 1. Сортовое районирование яровой пшеницы по Тюменской области (2022 г.)
Table 1. Varietal zoning of spring wheat in the Tyumen region (2022)

Сорт	Год допуска к использованию по 10 региону	Распространение районирования	Продолжительность районирования, лет	Оригинатор
среднеранние сорта				
Новосибирская 15	2003	По области	20	Федеральный исследовательский центр «Институт цитологии и генетики СО РАН», ОАО «Птицефабрика Заря», АО «Канская сортоиспытательная станция», ООО «ОПХ Соляное»
Ирень	1998	По области	25	Уральский Федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН, Вятская ГСХА, ФГУП «Котласское», СПК «Хохлома», ООО «Агрофирма Кримм», ООО «Агроэкосистемы», ООО «Красноуфимский селекционный центр», ОАО «Агрофирма Верякуши», ООО НПК «Агроальянс», ООО «Фито НН», Научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Иркутский НИИСХ, Филиал «Россорткомиссия» по Республике Бурятия
Новосибирская 31	2010	По области	13	Федеральный исследовательский центр «Институт цитологии и генетики СО РАН», ФГУП «Курагинское», ОАО «Птицефабрика Заря», АО «Племзавод Красноуринский», ФГУП «Михайловское», ООО «ОПХ Соляное»
Тюменская 25	2012	По области	11	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»
Екатерина	2015	По области	8	Уральский Федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН, ООО «Дубрава» Красноуфимский р-н, ООО «Красноуфимский селекционный центр»
Тюменская юбилейная	2018	III, IV зона*	5	ООО «Селекционно-семеноводческая фирма «Семена», ГАУ Северного Зауралья
Ворожея	2022	По области	1	Воронежский Федеральный аграрный научный центр им. В. В. Докучаева, ООО «Агрокомплекс «Кургансемена»
Нива 55	2022	По области	1	Омский ГАУ им. П. А. Столыпина
среднепоздние сорта				
Лютесценс 70	1993	По области	30	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»
Чернява 13	2000	По области	23	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН», Омский ГАУ им. П. А. Столыпина
Икар	2001	По области	22	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»
Авиада	2004	III, IV зона	19	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»
Омская 36	2007	III, IV зона	16	Омский аграрный научный центр, ООО «Агрокомплекс Кургансемена»
Тюменская 29	2013	По области	10	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»
Гренада	2020	II зона	3	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»
KBC Аквилон	2013	III зона	10	KWS LOCHOW GMBH
среднепоздние сорта				
Рикс	2011	III зона	12	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН», ООО «Агрокомплекс Кургансемена»
Мелодия	2014	По области	9	Омский аграрный научный центр

Примечание. * II зона – подтайга низменности; III зона – северная лесостепь низменности; IV зона – южная лесостепь низменности.

Длительное нахождение в районировании отдельных сортов яровой пшеницы связано с тем, что в настоящее время не создано сортов, значительно превышающих их по комплексу признаков, удовлетворяющих производство в пределах отдельных природно-климатических зон (урожайность, качество зерна, продолжительность вегетационного периода, устойчивость к биотическим и абиотическим факторам и др.), которые пришли бы на смену сортам длительного срока районирования. Допущенные к использованию сорта в последние годы дополняют имеющийся сортимент по отдельным признакам и свойствам, что определяет дифференцированный подход

в формировании сортовой структуры яровой пшеницы в регионе.

В структуре площади посева зерновых культур Тюменской области доминирует яровая пшеница (58,7 % в среднем за 2017–2021 гг.). Ее основная площадь посева сосредоточена в северной лесостепной зоне. В связи с этим нами приводится характеристика урожайности и параметров адаптивности сортов яровой пшеницы по результатам их испытания в данной зоне.

В жестких условиях среды наибольший минимальный уровень урожайности за 2019–2022 гг. выявлен у сортов Тюменская юбилейная (1,97 т/га – среднеранний), Чернява 13 (2,62 т/га – среднеспелый) и Мелодия (2,51 т/га – среднепоздний) (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность и адаптивность сортов яровой пшеницы (III зона, северная лесостепь) (2019–2022 гг.)
Table 2. Productivity and adaptability of spring wheat varieties (Zone III, a northern forest-steppe) (2019–2022)

Сорт	Год допуска к использованию по 10 региону	Параметры урожайности и адаптивности*								
		Y ₂	Y ₁	$\bar{x}$	Y ₂ –Y ₁	v, %	b ₁	S _t ²	П _{уicc} ,%	ОАС
среднеранние сорта										
Новосибирская 15	2003	1,40	2,99	2,24	–1,59	30,8	0,78	3,13	73,0	–0,51
Ирень	1998	1,59	3,30	2,54	–1,71	28,7	0,84	1,82	136,7	–0,21
Новосибирская 31	2010	1,66	3,80	2,78	–2,14	32,4	1,01	7,23	146,2	0,03
Тюменская 25	2012	1,71	3,64	2,86	–1,93	29,4	0,96	0,92	169,7	0,11
Екатерина	2015	1,88	3,92	3,14	–2,04	30,6	1,10	2,13	197,8	0,39
Тюменская юбилейная	2018	1,97	3,58	2,93	–1,61	25,9	0,86	4,30	202,5	0,18
среднеспелые сорта										
Лютесценс 70	1993	2,06	3,84	3,22	–1,78	25,5	0,95	0,92	126,0	–0,12
Чернява 13	2000	2,62	4,04	3,52	–1,42	17,9	0,73	1,18	170,9	0,18
Икар	2001	1,78	4,05	3,16	–2,27	32,3	1,15	7,07	76,3	–0,18
Авиада	2004	1,96	4,34	3,25	–2,38	30,5	1,13	6,76	84,9	–0,09
Омская 36	2007	1,99	4,33	3,43	–2,34	30,6	1,20	6,51	94,7	0,09
Тюменская 29	2013	2,10	4,17	3,34	–2,07	26,6	1,03	1,61	103,7	0,00
Гренада	2020	2,25	3,72	3,24	–1,47	21,0	0,78	2,14	122,9	–0,10
КВС Аквилон	2013	2,14	4,66	3,60	–2,52	29,4	1,20	8,62	108,2	0,26
среднепоздние сорта										
Рикс	2011	1,96	4,35	3,49	–2,39	32,1	1,29	3,12	109,0	–0,18
Мелодия	2014	2,51	4,59	3,86	–2,08	25,4	1,13	2,13	154,2	0,19

Примечание. * Y_1 – максимальная урожайность, т/га; v – изменчивость урожайности, %; Y_2 – минимальная урожайность, т/га; b_1 – пластичность (коэффициент регрессии); $\bar{x}$ – средняя урожайность, т/га; S^2 – стабильность (дисперсия); $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость; Π_{ycc} – показатель уровня стабильности сорта, %; ОАС – общая адаптивная способность.

По величине максимальной и средней урожайности в группе среднеранних лучшим был сорт Екатерина (3,92 и 3,14 т/га), среднеспелых – КВС Аквилон (4,66 и 3,60 т/га) и среднепоздних – Мелодия (4,59 и 3,86 т/га).

При сравнении урожайности сортов в целом по опыту выявлено ее повышение в направлении от среднеранних к среднепоздним сортам.

Во временной динамике допуска сортов к использованию отмечено повышение средней урожайности большинства из них, что указывает на эффективность работы селекционных научно-исследовательских центров по культуре яровой пшеницы. Так, средняя

урожайность среднераннего сорта Тюменская юбилейная (допущен к использованию в 2018 г.) превысила среднюю урожайность сорта Новосибирская 15 (допущен к использованию в 2003 г.) на 0,69 т/га (табл. 2).

Важный показатель адаптивности сортов – их реакция на стресс. Устойчивость к стрессовым факторам определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью (Rossiella and Hamblin, 1981). Этот показатель имеет отрицательный знак, и чем меньше его величина, тем выше устойчивость генотипа к стрессу. По данным наших исследований стрессоустойчивость большинства сортов низкая, особенно, среднеспелых и средне-

поздних. Лучшими по этому параметру были сорта Новосибирская 15 (среднеранний –1,59), Чернява 13 (среднеспелый –1,42) и Мелодия (среднепоздний –2,08) (табл. 2). Очень низкая стрессоустойчивость в соответствующих группах выявлена у сортов Новосибирская 31 (–2,14), КВС Аквилон (–2,52) и Рикс (–2,39). Данные сорта, за исключением сорта Новосибирская 31, характеризуются наибольшей максимальной и средней урожайностью, то есть с повышением интенсивности сортов снижается уровень их адаптивности, на что указывают и ряд других исследователей (Кильчевский и Хотылева, 1997; Гончаренко, 2016).

Изменчивость урожайности как важнейший показатель их экологической устойчивости значительная у сортов всех групп, особенно у среднепоздних сортов. У среднеранних сортов вариабельность урожайности характеризуется величиной от 25,9 % (Тюменская юбилейная) до 32,4 % (Новосибирская 31), среднеспелых – от 17,9 % (Чернява 13) до 32,3 % (Икар) и среднепоздних – от 25,4 % (Мелодия) до 32,1 % (Рикс) (табл. 2).

Метод S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) основан на расчете двух параметров – коэффициента линейной регрессии (b_i) и дисперсии отклонения от линии регрессии (S^2). Первый показатель характеризует отзывчивость сорта на изменение условий выращивания, а второй – его стабильность в различных условиях среды.

Проведенные исследования выявили значительную вариабельность этих двух параметров в зависимости от сорта. Сильной отзывчивостью на изменение условий ($b_i > 1$) в группе среднеранних характеризовался сорт Екатерина ($b_i = 1,10$), среднеспелых – сорта Икар ($b_i = 1,15$), Авида ($b_i = 1,13$), Омская 36 ($b_i = 1,20$), КВС Аквилон ($b_i = 1,20$) и среднепоздних – Рикс ($b_i = 1,29$) и Мелодия ($b_i = 1,13$) (табл. 2). Данные сорта относятся к группе интенсивных сортов, которые способны формировать высокий уровень урожайности в условиях высокого агрофона, а также при благоприятных природно-климатических условиях. Вместе с тем эти сорта характеризуются низкой экологической устойчивостью, что подтверждают низкие значения их стрессоустойчивости и высокий уровень вариабельности урожайности.

Слабая отзывчивость на изменение условий ($b_i < 1$) отмечена только у сортов среднеранней и среднеспелой групп. В группе среднеранних сортов к ним отнесены Новосибирская 15 ($b_i = 0,78$), Ирень ($b_i = 0,84$) и Тюменская юбилейная ($b_i = 0,86$), а в группе среднеспелых сортов – Чернява 13 ($b_i = 0,73$) и Гренада ($b_i = 0,78$). Исходя из коэффициента регрессии – это экстенсивные сорта. Они более эффективны при возделывании в жестких природно-климатических условиях и на низких агрофонах, где их сравнительно низкая урожайность по сравнению с интенсивными сортами компенсируется более высокой ее стабильностью за счет

повышенной стрессоустойчивости, что подтверждается нашими данными. У всех остальных сортов коэффициент регрессии был равным или близким единице, что характеризует их как пластичные. Изменение их урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания. В данную группу нами отнесены сорта Новосибирская 31, Тюменская 25, (среднеранние), а также Лютесценс 70, Тюменская 29 (среднеспелые).

Стабильность урожайности низкая у большинства сортов. Сравнительно высокие значения этого параметра выявлены только в группе среднеранних сортов: Ирень ($S_i^2 = 1,82$), Тюменская 25 ($S_i^2 = 0,92$) и среднеспелых: Лютесценс 70 ($S_i^2 = 0,92$), Чернява 13 ($S_i^2 = 1,18$), Тюменская 29 ($S_i^2 = 1,61$) (табл. 2). Очень низкой стабильностью урожайности характеризовались сорта Новосибирская 31, Тюменская юбилейная, Икар, Авида, Омская 36, КВС Аквилон и Рикс, показатель стабильности у которых был от 3,12 (Рикс) до 8,62 (КВС Аквилон).

Показатель уровня стабильности сорта ($\Pi_{\text{у.с.}}$) является комплексной его характеристикой по отношению к стандарту или сорту более раннего года допуска к использованию и позволяет дать оценку сортам по стабильности их урожайности во временной динамике (Неттевич и др., 1985). У среднеранних сортов данный показатель характеризуется все возрастающей величиной по сравнению с сортом Новосибирская 15 (допущен к использованию в 2003 г.). Наибольшие его значения отмечены у сортов Екатерина ($\Pi_{\text{у.с.}} = 197,8 \%$) и Тюменская юбилейная ($\Pi_{\text{у.с.}} = 202,5 \%$) (табл. 2). В среднеспелой группе все сорта, за исключением сорта Чернява 13 ($\Pi_{\text{у.с.}} = 170,9 \%$), по уровню стабильности урожайности уступают сорту Лютесценс 70 (допущен к использованию в 1993 г.). У среднепоздних сортов лучшим по данному параметру был сорт Мелодия ($\Pi_{\text{у.с.}} = 154,2 \%$).

Показатель общей адаптивной способности (ОАС) характеризует среднее значение признака в различных условиях среды и позволяет выделить сорта с максимальной средней урожайностью во всей совокупности сред (Кильчевский и Хотылева, 1997). Оценка сортов по данному показателю выявила значительную его вариабельность в пределах групп сортов (табл. 2). Лучшими по общей адаптивной способности среди среднеранних сортов были Екатерина (ОАС = 0,39) и Тюменская юбилейная (ОАС = 0,18), среднеспелых – Чернява 13 (ОАС = 0,18) и КВС Аквилон (ОАС = 0,26), а среднепоздних – Мелодия (ОАС = 0,19). Средняя урожайность этих сортов выше средней урожайности в опыте соответствующей группы. Следует отметить, что особую ценность представляют те сорта, которые сочетают высокий уровень общей адаптивной способности с низкой изменчивостью урожайности в различных средах. Такому критерию в наибольшей степени по результатам наших исследований соответствуют сорта Тюменская юбилейная

(ОАС = 0,18, $v = 25,9\%$), Чернява 13 (ОАС = 0,18, $v = 17,9\%$) и Мелодия (ОАС = 0,19, $v = 25,4\%$).

На основе ранжирования изученных нами сортов по урожайности и адаптивности по результатам их испытания за 2019–2022 гг. по паровому предшественнику в условиях северной лесостепной зоны Тюменской области лучшим

среднеранним признан сорт Екатерина (сумма рангов 20), среднеспелым – Чернява 13 (сумма рангов 23, однако он имеет один недостаток – низкую отзывчивость на изменение условий и, в частности, на их улучшение), среднепоздним – Мелодия (сумма рангов 10) (табл. 3).

Таблица 3. Ранги сортов яровой пшеницы по величине параметров урожайности и адаптивности (III зона, северная лесостепь) (2019–2022 гг.)

Table 3. Ranks of spring wheat varieties according to productivity and adaptability parameters (Zone III, a northern forest-steppe) (2019–2022)

Сорт	Год допуска к использованию по 10 региону	Параметры урожайности и адаптивности*									Сумма рангов
		Y ₂	Y ₁	$\bar{x}$	Y ₂ –Y ₁	v, %	b _i	S _i ²	П _{уicc} , %	ОАС	
среднеранние сорта											
Новосибирская 15	2003	6	6	6	1	5	6	4	6	6	46
Ирень	1998	5	5	5	3	2	5	2	5	5	37
Новосибирская 31	2010	4	2	4	6	6	2	6	4	4	38
Тюменская 25	2012	3	3	3	4	3	3	1	3	3	26
Екатерина	2015	2	1	1	5	4	1	3	2	1	20
Тюменская юбилейная	2018	1	4	2	2	1	4	5	1	2	22
среднеспелые сорта											
Лютесценс 70	1993	5	7	7	3	3	5	1	2	7	40
Чернява 13	2000	1	6	2	1	1	7	2	1	2	23
Икар	2001	8	5	8	5	8	2	7	8	8	59
Авиада	2004	7	2	5	7	6	3	6	7	5	48
Омская 36	2007	6	3	3	6	7	1	5	6	3	40
Тюменская 29	2013	4	4	4	4	4	4	3	5	4	36
Гренада	2020	2	8	6	2	2	6	4	3	6	39
КВС Аквилон	2013	3	1	1	8	5	1	8	4	1	32
среднепоздние сорта											
Рикс	2011	2	2	2	2	2	1	2	2	2	17
Мелодия	2014	1	1	1	1	1	2	1	1	1	10

Примечание. * Y_1 – максимальная урожайность, т/га; v – изменчивость урожайности, %; Y_2 – минимальная урожайность, т/га; b_i – пластичность (коэффициент регрессии); $\bar{x}$ – средняя урожайность, т/га; S_i^2 – стабильность (дисперсия); $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость; Π_{ycc} – показатель уровня стабильности сорта, %; ОАС – общая адаптивная способность.

У сорта Екатерина основной вклад в сумму рангов вносят показатели максимальной и средней урожайности, а также коэффициент регрессии и показатель общей адаптивной способности. У сорта Чернява 13 основными параметрами, вносящими вклад в сумму рангов, были уровень минимальной и средней урожайности, стрессоустойчивость, изменчивость урожайности и показатель уровня стабильности сорта. Сумма рангов сорта Мелодия включает величину показателей всех изученных параметров урожайности и адаптивности.

Выводы. В результате исследований установлено, что из 18 сортов яровой пшеницы, допущенных к использованию, оригинаторами подавляющего их числа являются селекционные научно-исследовательские центры Сибири и Урала.

В группе среднеранних сортов наибольшая средняя урожайность за 2019–2022 гг. отмечена у сорта Екатерина, среднеспелых – КВС Аквилон и среднепоздних – Мелодия.

Стрессоустойчивость большинства сортов низкая, а изменчивость урожайности значи-

тельная у сортов всех групп спелости, особенно у среднеранних.

В группу интенсивных, сильно отзывчивых на изменение условий ($b_i > 1$) отнесены следующие сорта: среднеранний Екатерина, среднеспелые – Икар, Авиада, Омская 36, КВС Аквилон и среднепоздние – Рикс, Мелодия. Слабая отзывчивость на изменение условий ($b_i < 1$) выявлена у сортов Новосибирская 15, Ирень, Тюменская юбилейная (среднеранние), а также Чернява 13 и Гренада (среднеспелые).

По стабильности урожайности лучшие сорта выделились только в группе среднеранних (Ирень, Тюменская 25) и среднеспелых (Лютесценс 70, Чернява 13, Тюменская 29).

Наибольшими показателями уровня стабильности сорта и общей адаптивной способности в группе среднеранних характеризовались сорта Екатерина и Тюменская юбилейная, в группе среднеспелых – сорта Чернява 13 и КВС Аквилон (только общая адаптивная способность), в группе среднепоздних – сорт Мелодия.

Исходя из суммы рангов оценки параметров урожайности и адаптивности за 2019–

2022 гг., лучшим среднеранним сортом признан сорт Екатерина (сумма рангов 20), среднеспелым – Чернява 13 (сумма рангов 23) и среднепоздним – Мелодия (сумма рангов 10).

В заключение необходимо отметить, что выделенные по сумме рангов вышеназванные сорта в соответствующих группах спелости

на основе их комплексной оценки по урожайности и адаптивности можно рекомендовать товаропроизводителям северной лесостепной зоны Тюменской области как лучшие для производственных посевов с целью повышения урожайности, ее стабильности и валового производства зерна яровой пшеницы в регионе.

Библиографические ссылки

1. Гончаренко А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2(44). С. 31–36.
2. Градобоева Л.Я., Федорук Т.К. Сортное районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2022 год. Тюмень: Тюменский издательский дом, 2022. 88 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхнолѳія, 1997. 372 с.
5. Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. // Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Dest.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22, № 8. С. 939–950. DOI 10.18699/vj18436.
6. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.
7. Николаев П.Н., Юсова О.А., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12(203). С. 22–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34.
8. Чешкова А.Ф., Степочкин П.И., Алейников А.Ф., Гребенникова И.Г., Пономаренко В.И. Сравнение статистических методов оценки стабильности урожайности озимой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24, № 3. С. 267–275. DOI: 10.18699/vj20.619.
9. Юшкевич Л.В., Пахотина И.В., Щитов А.Г. Продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в плодосменном севообороте лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 54–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-54-60.
10. Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 5. С. 550–560. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.550 rus.
11. Dragavtsev V.A. Solutions of technologic problems of breeding yield increasing, which issue from the Theory of eco-genetik organization of quantitatie characters // East European Scientific Journal. 2019. Vol. 2(42). P. 11–26.
12. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6, № 1. P. 36–40.
13. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. 1981. Vol. 21, № 6. P. 27–29.

References

1. Goncharenko A.A. Ekologicheskaya ustoychivost' sortov zernovykh kul'tur i zadachi selektsii [Ecological sustainability of grain crop varieties and breeding tasks] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 2(44). S. 31–36.
2. Gradoboeva L. Ya., Fedoruk T. K. Sortovoe raionirovanie sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya po Tyumenskoi oblasti za 2022 god [Varietal zoning of grain crops and the results of variety testing in the Tyumen region in 2022]. Tyumen': Tyumenskii izdatel'skii dom, 2022. 88 s.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Kil'chevskii A. V., Khotyleva L. V. Ekologicheskaya selektsiya rastenii [Ecological plant breeding]. Minsk: Tekhnologiya, 1997. 372 s.
5. Mal'chikov P. N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskii Yu. I. // Velichina i stabil'nost' urozhainosti i kachestvo zerna [Improving the efficiency of spring wheat selection for yield stability and grain quality] // Vestnik selskohozyajstvennoy nauki. 1985. № 1. S. 66–73.
6. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Safonova I.V., Anis'kov N.I. Realizatsiya biologicheskoi urozhainosti yachmenya yarovogo v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Omskoi oblasti [Implementation of the biological productivity of spring barley in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region] // Agrarnyi vestnik Urala. 2020. № 12(203). S. 22–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34.
7. Cheshkova A.F., Stepochkin P.I., Aleinikov A.F., Grebennikova I.G., Ponomarenko V.I. Sravnenie statisticheskikh metodov otsenki stabil'nosti urozhainosti ozimoi pshenitsy [Comparison of statistical

methods for estimating stability of winter wheat productivity] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2020. T. 24, № 3. S. 267–275. DOI: 10.18699/vj20.619.

9. Yushkevich L. V., Pakhotina I. V., Shchitov A. G. Produktivnost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy v plodsmennom sevooborote lesostepi Zapadnoi Sibiri [Productivity and grain quality of spring wheat in crop rotation in the forest-steppe of Western Siberia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 4(76). S. 54–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-54-60.

10. Yakushev V. P., Mikhailenko I. M., Dragavtsev V. A. Agrotekhnologicheskie i selektsionnye rezervy povysheniya urozhayev zernovykh kul'tur v Rossii [Agrotechnological and breeding reserves for improving grain productivity in Russia] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2015. T. 50, № 5. S. 550–560. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.550 rus.

11. Dragavtsev V. A. Solutions of technologic problems of breeding yield increasing, which issue from the Theory of eco-genetik organization of quantitative characters // East European Scientific Journal. 2019. Vol. 2(42). P. 11–26.

12. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6, № 1. P. 36–40.

13. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. 1981. Vol. 21, № 6. P. 27–29.

Поступила: 05.03.23; доработана после рецензирования: 17.07.23; принята к публикации: 24.07.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное право и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Сапега В. А. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевого опыта и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

НОВЫЙ СОРТ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СТЕПНЯК

Н. А. Морозов, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции зерновых культур, директор, ORCID ID: 0000-0002-9065-6390;

И. В. Самсонов, заведующий лабораторией селекции ячменя ORCID ID: 0000-0001-6516-3175;

Н. А. Панкратова, младший научный сотрудник отдела селекции зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-3366-5960

Прикумская опытно-селекционная станция –

филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,

356803, Ставропольский кр., Буденновский р-он, г. Буденновск, ул. Вавилова, д. 4;

e-mail: fgupposs@mail.ru

Цель исследований – создание нового сорта ярового ячменя, способного формировать стабильно высокую урожайность в разных почвенно-климатических условиях, в том числе и регионах с частым проявлением засухи. В результате селекционной работы на Прикумской опытно-селекционной станции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» за 2009–2020 гг. был создан новый сорт ярового ячменя Степняк. Новый генотип получен в результате внутривидовой гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной популяции Нутанс г-74840 (Прикумская ОСС – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ») и Special (ИКАРДА, Сирия). По срокам созревания относится к группе среднеспелых сортов. Vegetационный период от 75 до 87 дней. Новый сорт обладает высокой засухо- и жароустойчивостью, устойчивостью к полеганию и поражению сетчатым гелиминтоспориозом. За 2020–2022 гг. изучения на Прикумской ОСС новый сорт Степняк по отношению к стандарту отличается более высоким продуктивным стеблестоем – 353 шт./м² (+9 шт. к ст.), озерненностью колоса – 21 шт. (+6 шт. к ст.) и выходом зерна от общей массы растения – 39,1% (+4,5 % к ст.). Средняя урожайность сорта в конкурсном сортоиспытании составила 2,42 т/га и была выше стандарта Странник на 0,32 т/га (15,2%). Высокая адаптация нового сорта к изменяющимся условиям среды позволяет формировать стабильную прибавку урожая к стандарту Странник. В 2020 г. на Прикумской ОСС при существенном дефиците влаги сорт Степняк превысил урожай стандарта на 0,30 т/га. В более благоприятные 2021 и 2022 гг. прибавка варьировала от 0,24 до 0,43 т/га. При изучении сорта в Калмыцком НИИСХ (2021 и 2022 гг.) прибавка к стандарту Странник составила 0,25 т/га (12,8%). За годы Государственного сортоиспытания (2021 и 2022 гг.) в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах новый сорт Степняк превысил урожай стандартов в среднем на 0,17–0,18 т/га соответственно. В 2023 г. сорт Степняк внесен в Государственный реестр селекционных достижений и рекомендован к возделыванию по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам.

Ключевые слова: яровой ячмень, селекция, сорт, адаптивность, засухоустойчивость, урожайность.

Для цитирования: Морозов Н. А., Самсонов И. В., Панкратова Н. А. Новый сорт ярового ячменя Степняк // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 59–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-59-64.



NEW SPRING BARLEY VARIETY 'STEPNYAK'

N. A. Morozov, Candidate of Agricultural Sciences, head of the department of grain crop breeding, director, ORCID ID: 0000-0002-9065-6390;

I. V. Samsonov, head of the laboratory for barley breeding, ORCID ID: 0000-0001-6516-3175;

N. A. Pankratova, junior researcher of the department of grain crop breeding, ORCID ID: 0000-0002-3366-5960

Prikumskaya Experimental Breeding Station –

a branch of the FSBSI "North-Caucasus federal research agricultural center",

356803, Stavropol Area, Budyonnovsky district, Budennovsk, Vavilov Str., 4; e-mail: fgupposs@mail.ru

The purpose of the current study was to develop a new spring barley variety that can form consistently large productivity in different soil and climatic conditions, including regions with frequent droughts. As a result of breeding work at the experimental breeding station 'Prikumskaya', a branch of the FSBSI "North Caucasus FRAC", there was developed a new spring barley variety 'Stepnyak' in 2009–2020. The new genotype was obtained as a result of intraspecific hybridization, followed by individual selection from the hybrid population of Nutans g-74840 (EBS 'Prikumskaya', a branch of the FSBSI "North Caucasus FRAC") and Special (ICARDA, Syria). According to maturation terms, the variety belongs to the group of middle maturing varieties. The vegetation period lasts from 75 to 87 days. The new variety has high drought and heat resistance, resistance to lodging and damage by net blotch. During 2020–2022 at the EBS 'Prikumskaya', the new variety 'Stepnyak', in comparison with the standard, was characterized by a higher productive stem stand with 353 pcs/m² (+9 pcs. to the standard), number of grain per head with 21 pcs. (+6 pieces to the standard) and grain yield per total mass of a plant - 39.1% (+4.5 % to the standard). The mean variety productivity in the Competitive Variety Testing was 2.42 t/ha and was higher than that of the standard variety 'Strannik' on 0.32 t/ha (15.2 %). The high adaptation of the new variety to changing environmental conditions makes it possible to form a stable productivity increase to the standard variety 'Strannik'. In 2020, at the EBS 'Prikumskaya', with a significant moisture deficit, the variety 'Stepnyak' exceeded productivity of the standard variety on 0.30 t/ha. In a more favorable 2021 and 2022 the yield increase varied from 0.24 to 0.43 t/ha. When studying the variety in the Kalmyk Research Institute of Agriculture (in 2021 and 2022), the yield increase to the standard variety 'Strannik' was 0.25 t/ha (12.8 %). During the years of the State Variety Testing (2021 and 2022) in the North Caucasus and Low Volga regions, the new

variety 'Stepnyak' exceeded productivity of the standard on 0.17–0.18 t/ha, respectively. In 2023, the variety 'Stepnyak' was included in the State List of Breeding Achievements and recommended for cultivation in the North Caucasus and Lower Volga regions.

Keywords: spring barley, breeding, variety, adaptability, drought resistance, productivity.

Введение. Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является важной и значимой культурой во всем мире, применяемой в разных отраслях производства (Тетяников и Боме, 2021). Зерно ярового ячменя используют для приготовления продуктов питания (крупы), в кондитерской промышленности, животноводстве, пивоварении и медицине (Филиппов и др., 2021). В Ставропольском крае ячмень возделывается в основном на фуражные цели.

В настоящее время стратегия развития растениеводческой отрасли России направлена на повышение продовольственной безопасности страны (Николаев и др., 2022). Получение высокого и стабильного урожая с высокой качественной зерновой продукцией позволит не только создать стратегические запасы, но также увеличить экспорт зерна на международный рынок (Филиппов и др., 2022).

Одним из факторов, оказывающих непосредственное влияние на формирование высокого урожая и качественных показателей зерна ячменя, являются постоянно изменяющиеся климатические условия (Юсова и др., 2023). В последние годы из-за часто ухудшающихся погодных условий потери урожая сельскохозяйственных культур значительно возросли. В таких условиях для стабильного роста зернового производства ячменя необходимо расширение посевов новых, более адаптированных к условиям регионов сортов, способных обеспечить высокий и стабильный уровень урожайности в изменяющихся условиях среды (Ерошенко и др., 2022).

Здесь основная роль отводится селекции. Именно создание и внедрение в производство новых высокоурожайных сортов ячменя с минимальной ответной реакцией на неблагоприятные факторы среды является наиболее экономически дешевым, доступным и быстрым

способом повышения урожайности и валовых сборов зерна (Левакова и др., 2023).

Целью данного исследования являлось создание нового сорта ярового ячменя, способного формировать стабильно высокую урожайность в разных почвенно-климатических условиях, в том числе и регионах с частым проявлением засухи.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в засушливой зоне Ставропольского края на опытном поле Прикумской опытно-селекционной станции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в период с 2020 по 2022 год. Почвы опытного участка каштановые с содержанием гумуса 1,5–1,7 %. Содержание подвижного фосфора колеблется от 32 до 49 мг/кг, калия – 320–450 мг/кг. Количество осадков, выпадающих в течение года, варьирует от 300 до 550 мм, из которых 20–30% приходится на весенний период.

Погодные условия в годы исследований (2020–2022 гг.) были нестабильны. Количество осадков с марта по июнь варьировало от 122,3 до 235,1 мм, сумма активных температур колебалась от 1682,0 до 1814,5 °C.

2020 г. для ярового ячменя характеризовался как острозасушливый. На протяжении всего весеннего периода испытывался недостаток продуктивной влаги. Количество выпавших осадков с марта по май – 71,5 мм, что составляет 57 % от нормы (рис. 1). Сумма активных температур с марта по июнь составила 1814,5 °C (норма 1710 °C). Среднесуточная температура воздуха была выше среднеемноголетней в марте (+3,1 °C) и июне (+1,7 °C). Гидротермический коэффициент (ГТК) за период вегетации ярового ячменя составил 0,67. Такие условия способствовали слабому развитию ярового ячменя и получению низкого урожая.

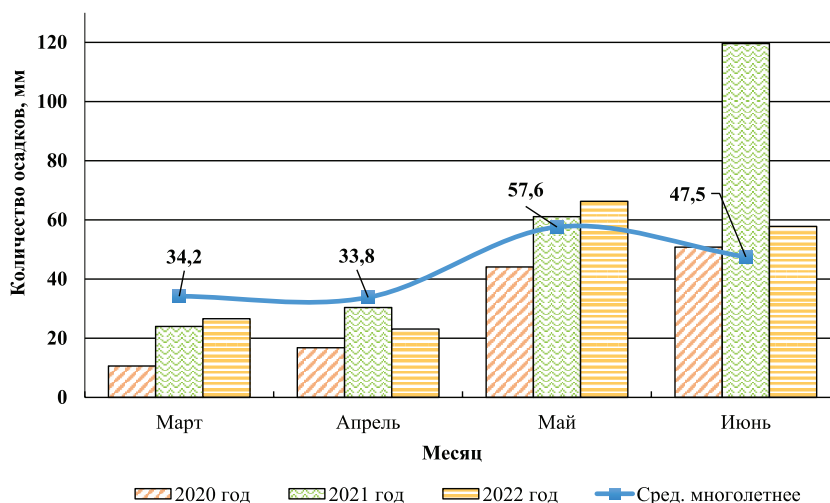


Рис. 1. Среднемесячное количество осадков за период вегетации ярового ячменя, мм (2020–2022 гг.)
Fig. 1. Mean monthly precipitation during the vegetation period of spring barley, mm (2020–2022)

Весенне-летний период 2021 г. существенно отличался от предшествующего по влагообеспеченности. Количество осадков, выпавших за период вегетации (март–июнь) составило 235,1 мм (136 % от нормы), из которых 51 % (119,6 мм) пришлось на июнь. Среднесуточная температура воздуха была выше нормы в апреле (+1,4 °C) и мае (+1,2 °C). В наиболее

ответственную фазу налива зерна она находилась на уровне среднесуточных данных – 23,3 °C (рис. 2). Гидротермический коэффициент был равен 1,34. Достаток продуктивной влаги и умеренный температурный режим на протяжении всего вегетационного периода способствовали получению более крупного зерна и высокого урожая.

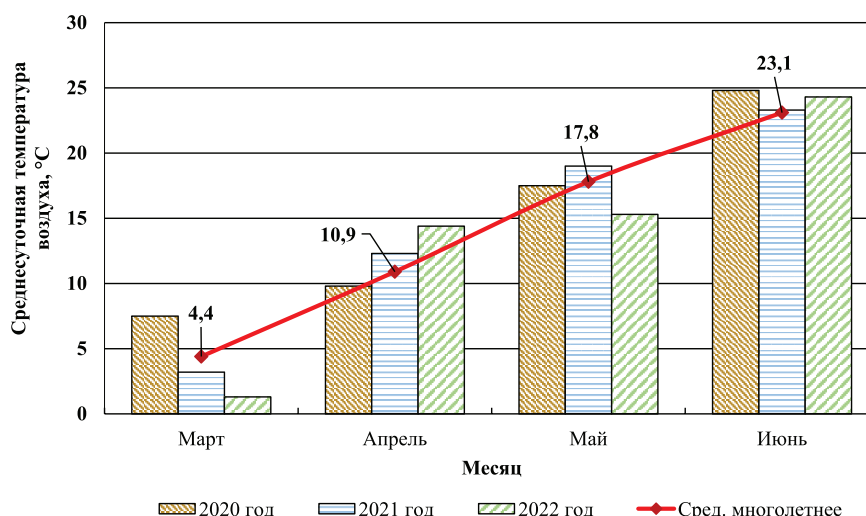


Рис. 2. Среднесуточная температура воздуха за период вегетации ярового ячменя, °C (2020–2022 гг.)
Fig. 2. Mean daily air temperature during the vegetation period of spring barley, °C (2020–2022)

В 2022 г. количество осадков за период вегетации ярового ячменя соответствовало среднесуточной норме (173,1 мм). Дефицит по влаге наблюдался в марте и апреле – 49,7 мм (73 % от нормы). Среднесуточная температура была ниже среднесуточной в марте (1,3 °C, норма 4,4 °C) и в мае (15,3 °C, норма 17,8 °C). Более высокие среднесуточные температуры отмечались в фазе 2–3 листа, кущение (апрель, 14,4 °C) и в период налива зерна (июнь, 24,3 °C). ГТК с марта по июнь составил 1,03. Условия считаются как умеренно благоприятные.

Объектом для исследования послужил новый сорт ярового ячменя Степняк. В качестве контроля использовали сорт Странник. Опыт закладывали по типу конкурсного сортоиспытания. Размещение делянок систематическое, повторность 4-кратная. Площадь делянки – 30 м² с нормой высева 2,7 млн всхожих семян на 1 га. (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 2019). Посев проводили сеялкой СН-16 в тринадцатирядковом варианте по предшественнику горох. Уборку урожая осуществляли комбайном Сампо 500 в фазе полной спелости. Математическую обработку полученных данных проводили по методике полевого опыта Б.А. Доспехова на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel (Доспехов, 2014).

Результаты и их обсуждение. Результатом селекционной работы на Прикумской опытно-селекционной станции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» за период с 2009

по 2020 г. стало создание нового сорта ярового ячменя Степняк.

Новый генотип получен в результате внутривидовой гибридизации и последующего индивидуального отбора из гибридной популяции Нутанс г-74840 (Прикумская ОСС – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ») и Special (ИКАРДА, Сирия). Подбор исходных форм осуществляли по основным критериям, влияющим на формирование качественных и количественных показателей зерна (засуха и жаростойкость, скороспелость, продуктивный стеблестой, озерненность колоса, крупность зерна, устойчивость к болезням).

Разновидность сорта – nutans. Колос двурядный, пирамидальный. Зерновка полуокруглой формы, средней крупности. Входит в группу среднеспелых сортов. Вегетационный период от 75 до 87 дней. Фаза хозяйственной спелости наступает на 1–2 дня раньше стандарта Странник. Среднерослый. Высота растений 50–84 см. Благодаря прочной солоmine устойчив к полеганию. Сорт относится к степной экологической группе, характеризуется высокой засухоустойчивостью и жаростойкостью. В жестких гидротермических условиях новый сорт Степняк формирует достаточно крупное и выполненное зерно. Содержание белка в зерне колеблется от 12,1 до 13,7 %.

Анализ структуры урожая, проведенный за 2020–2022 гг., показал, что новый сорт Степняк по отношению к стандарту характеризуется более высоким продуктивным сте-

блестоем – 353 шт./м² (+9 шт. к стандарту), озерненностью колоса – 21 шт. (+6 шт. к стандарту) и выходом зерна от общей массы расте-

ния – 39,1% (+4,5 % к стандарту). Продуктивная кустистость на уровне стандарта Странник – 3,3 шт. (табл. 1).

Таблица 1. Хозяйственно-биологическая характеристика сорта ярового ячменя Степняк по данным Прикумской ОСС – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (2020–2022 гг.)
Table 1. Economic and biological characteristics of the spring barley variety 'Stepnyak' according to the data of the EBS 'Prikumskaya', a branch of the FSBRI "North Caucasus FRAC" (2020–2022)

Показатель	Степняк				Странник, st				±/– к стандарту
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	ср.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	ср.	
Натура зерна, г/л	694	654	628	659	696	649	632	659	0
Масса 1000 зерен, г	40,4	47,7	38,6	42,2	44,4	45,3	39,3	43,0	–0,8
Количество зерен в колосе, шт.	18	21	24	21	13	15	18	15	+6
Содержание белка, %	13,7	12,1	13,2	13,0	14,6	12,1	14,6	13,8	–0,8
Пленчатость зерна, %	9,4	8,7	13,8	10,6	9,8	8,6	12,0	10,1	+0,5
Продуктивная кустистость, шт.	1,3	5,3	3,2	3,3	1,3	6,0	2,3	3,2	+0,1
Продуктивный стеблестой на 1 м ² , шт.	212	429	417	353	246	469	316	344	+9
Высота растения, см	50	74	84	69	53	80	88	74	–5
Устойчивость к полеганию, балл	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Сетчатый гельминтоспориоз, %	–	11,5	2,0	6,8	–	15,1	3,2	9,2	–2,4
K _{хоз.} , %	41,6	37,7	38,1	39,1	34,2	34,0	35,5	34,6	+4,5
Вегетационный период, дней	87	81	75	81	87	84	76	82	–1

Специфика зональных условий (засуха) не всегда позволяет провести оценку на устойчивость к болезням. Развитие гельминтоспориозной пятнистости наблюдалось только в наиболее влагообеспеченных 2021 и 2022 годах. В среднем за два года новый сорт Степняк отличался большей устойчивостью к данному патогену.

Данные по урожайности, полученные в конкурсном сортоиспытании, показали высокую

устойчивость сорта к изменяющимся условиям среды. В экстремальном 2020 г. при существенном дефиците влаги сорт Степняк превысил урожай стандарта Странник и лучший районированный сорт Булат на 0,30 и 0,25 т/га соответственно. В более благоприятные 2021 и 2022 гг. прибавка к стандарту варьировала от 0,24 до 0,43 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сорта ярового ячменя Степняк в конкурсном сортоиспытании на Прикумской ОСС – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (2020–2022 гг.)
Table 2. Productivity of the spring barley variety 'Stepnyak' in the Competitive Variety Testing at the EBS 'Prikumskaya', a branch of the FSBRI "North Caucasus FRAC" (2020–2022)

Сорт	Урожайность, т/га				Отклонение от стандарта		Коэффициент вариации, V%
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	т/га	%	
Степняк	1,14	3,52	2,60	2,42	+0,32	15,2	49,6
Булат	0,89	3,41	2,68	2,33	+0,23	11,0	55,7
Странник, st	0,84	3,09	2,36	2,10	–	–	54,7
НСР _{0,05}	0,07	0,15	0,14	–	–	–	–

В среднем за три контрастных года урожайность сорта составила 2,42 т/га и была выше стандарта Странник на 0,32 т/га (15,2 %). Невзирая на высокий коэффициент вариации урожайности, который обусловлен значительными колебаниями внешних факторов среды, новый сорт Степняк отличался наибольшей стабильностью – V = 49,6 %.

Как известно, на юге России большая часть территорий характеризуется высокой засушли-

востью климата. Одна из таких территорий относится к Республике Калмыкия. Изучение нового сорта Степняк, проведенное в Калмыцком НИИСХ, показало наибольшую по отношению к стандарту адаптивность к аридности климата (табл. 3). В среднем за 2021 и 2022 гг. прибавка к стандарту Странник составила 0,25 т/га (+12,8 %).

Таблица 3. Урожайность сорта ярового ячменя Степняк в Калмыцком НИИСХ им. Нармаева, г. Элиста (2021 и 2022 гг.)
Table 3. Productivity of the spring barley variety 'Stepnyak' at the Kalmyk RIA named after Narmaev, Elista (2021 and 2022)

Сорт	Урожайность, т/га			Отклонение от стандарта	
	2021 г.	2022 г.	средняя	т/га	%
Степняк	1,90	2,49	2,20	+0,25	12,8
Странник, st	1,84	2,06	1,95	–	–
НСР _{0,05}	0,43	0,30	–	–	–

За годы Государственного сортоиспытания (2021 и 2022 гг.) новый сорт Степняк доказал свои адаптивные свойства, превысив урожай сортов-стандартов в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах в среднем на 0,17–0,18 т/га соответственно. Максимальная урожайность сорта Степняк получена в 2022 г. на ГСУ Ставропольского края – 5,37 т/га.

В 2023 г. новый сорт Степняк внесен в Государственный реестр селекционных достижений и рекомендован к возделыванию по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам. С 2023 г. сорт является стандартом на Госсортоучастках по Северо-Кавказскому региону.

Продуктивность нового сорта ярового ячменя Степняк, стабильно превышающая по годам урожайность сортов-стандартов в разных почвенно-климатических условиях, свидетельствует о высокой его адаптации к засуш-

ливости климата и другим стресс-факторам среды.

Выводы. В результате селекционной работы на Прикумской ОСС создан новый сорт ярового ячменя – Степняк. Новый сорт сочетает в себе ряд важных признаков и свойств, обеспечивающих формирование высокой и стабильной урожайности в разных почвенно-климатических условиях. В среднем за 2021 и 2022 гг. Государственного сортоиспытания сорт Степняк был продуктивнее сортов стандартов в засушливых и влагообеспеченных районах Северо-Кавказского и Нижневолжского регионов на 0,17–0,18 т/га соответственно. В условиях аридности климата (Калмыцкий НИИСХ) за те же годы преимущество в урожайности составило 0,25 т/га (12,8 %). Внедрение в производство нового адаптивного сорта Степняк позволит увеличить урожайность и валовой сбор зерна в регионах допуска.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 352 с.
2. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Ромахина В. В., Болдырев М. А. Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостатичность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183(1), С. 38–47. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-38-47>.
3. Левакова О. В., Гладышева О. В., Ерошенко Л. М. Адаптированный к условиям Центрального региона новый сорт ячменя ярового Рафаэль // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 1. С. 42–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-42-49.
4. Николаев П. Н., Юсова О. А., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Адаптивность нового сорта ярового ячменя Омский 102 в условиях Западной Сибири // Таврический вестник аграрной науки. 2022. Т. 1(29), С. 103–111. EDN: JLSHTG.
5. Тетяников Н. В., Боме Н. А. Анализ взаимодействия «генотип × среда» и оценка адаптивного потенциала ячменя в условиях Северного Зуралья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182(3), С. 63–73. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-3-63-73>.
6. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Брагин Р. Н. Новый раннеспелый сорт ярового ячменя Федос // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 11–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-11-16.
7. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Дорошенко Э. С., Брагин Р. Н., Засыпкина И. М. Сорт ярового ячменя Азимут // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 91–97. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-91-97.
8. Юсова О. А., Николаев П. Н., Кузьмич М. А., Кузьмич Л. С. Оценка исходного материала для селекции ячменя пивоваренного направления // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184(1), С. 79–89. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-79-89>.

References

1. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
2. Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Romakhina V. V., Boldyrev M. A. Urozhainost', plastichnost', stabil'nost' i gomeostatichnost' sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Nечernozemnoi zony [Productivity, adaptability, stability and homeostasis of spring barley varieties in the conditions of the Non-Blackearth zone] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2022. T. 183(1), S. 38–47. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-38-47>.
3. Levakova O. V., Gladysheva O. V., Eroshenko L. M. Adaptirovannyy k usloviyam Tsentral'nogo regiona novyyi sort yachmenya yarovogo Rafael' [New spring barley variety 'Rafael' adapted to the conditions of the Central region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 1. S. 42–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-42-49.
4. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Safonova I. V., Anis'kov N. I. Adaptivnost' novogo sorta yarovogo yachmenya Omskii 102 v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [Adaptability of a new spring barley variety 'Omsky 102' in the conditions of Western Siberia] // Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2022. T. 1(29), S. 103–111. EDN: JLSHTG.
5. Tetyannikov N. V., Bome N. A. Analiz vzaimodeistviya «genotip × sreda» i otsenka adaptivnogo potentsiala yachmenya v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Analysis of the "genotype × environment" interaction and estimation of the adaptive potential of barley in the conditions of the Northern Trans-Urals] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2021. T. 182(3), S. 63–73. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-3-63-73>.

6. Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Bragin R.N. Novyi rannespelyi sort yarovogo yachmenya Fedos [New early maturing spring barley variety 'Fedos'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 2(74). S. 11–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-11-16.

7. Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Doroshenko E.S., Bragin R.N., Zasyapkina I.M. Sort yarovogo yachmenya Azimut [Spring barley variety 'Azimut'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 5. S. 91–97. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-91-97.

8. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Kuz'mich M. A., Kuz'mich L.S. Otsenka iskhodnogo materiala dlya selektsii yachmenya pivovarennogo napravleniya [Estimation of the initial material for breeding brewing barley] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2023. T. 184(1), S. 79–89. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-79-89>.

Поступила: 23.05.23; доработана после рецензирования: 27.06.23; принята к публикации: 27.06.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Морозов Н.А., Самсонов И.В. – концептуализация исследования; Панкратова Н.А. – подготовка опыта; Панкратова Н.А. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Самсонов И.В. – анализ данных и их интерпретация; Самсонов И.В. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.11"324":631.8:631.445.51(470.45)

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-65-71

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ
СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ АНЦ «ДОНСКОЙ»
В ЗОНЕ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

В. Л. Сапунков, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства, svl-01@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2425-2611
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук»,
400062, г. Волгоград, пр-кт Университетский, д. 97; e-mail: info@vfanc.ru

В статье отражены результаты сравнительных испытаний сортов озимой пшеницы АНЦ «Донской» в зоне черноземных почв, подзоне южных черноземов Волгоградской области. Современная селекция предоставляет возможность широкого выбора сортов озимой пшеницы. В случае Волгоградской области более 100 сортов высеваются ежегодно. Это объективно приводит к трудности лучшего выбора. Опираясь на официальные данные по предпочтениям фермеров, мы оптимизировали базу выбора, остановившись на сортах селекции АНЦ «Донской», посчитав более важным и ответственным (перед фермерами) уточнение информации по этому значительному (около 60 %) блоку. Полевой опыт был заложен в Киквидзенском районе Волгоградской области в зоне черноземных почв, подзоне южных черноземов на землях ООО «АГРОПРОДУКТ». Исследования проводили согласно методике, используемой ФГБНУ «Госсорткомиссия». Значительное влияние на осенний этап развития оказали погодные условия, существенно контрастные в годы проведения испытаний. В результате исследований за три значительно отличных по погодным условиям года установлено следующее. Величина полевой всхожести была на уровне 65–75 %; показатели осеннего кушения на момент окончания осеннего периода вегетации за три года находились в достаточно узком интервале – 3,9–4,7 шт./раст. В зоне исследования преобладает формирование урожайности за счет плотности продуктивного стеблестоя. В среднем за три года величина продуктивного стеблестоя составила 610–729 шт./м². По этому показателю лидировали сорта озимой пшеницы Краса Дона, Донская Степь, Капитан (679–729 шт./м²). Как следствие, лучшие показатели по урожайности были установлены у сортов Краса Дона (5,66 т/га), Донская степь (5,41 т/га). Значительная группа сортов (Капитан, Лидия, Аскет, Жаворонок) сформировала урожайность на уровне 5,21–5,26 т/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, кушение, урожайность, сорта, продуктивные стебли.

Для цитирования: Сапунков В. Л. Сравнительные демонстрационные испытания сортов озимой пшеницы АНЦ «Донской» в зоне черноземных почв Волгоградской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 65–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-65-71.

**COMPARATIVE DEMONSTRATION TRIALS
OF WINTER WHEAT VARIETIES OF THE ARC “DONSKOY”
IN THE ZONE OF BLACK EARTH SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION**

V. L. Sapunkov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for breeding, seed production and farming, svl-01@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2425-2611
FSBSI “Federal Research Center of Agroecology, Complex Melioration
and Protective Afforestation of RAS”,
400062, Volgograd, Universitetsky Pr., 97; e-mail: info@vfanc.ru

The current paper has considered the results of comparative trials of winter wheat varieties of the ARC “Donskoy” in the zone of blackearth soils, the subzone of southern blackearth of the Volgograd region. Modern breeding provides a wide choice of winter wheat varieties. In the Volgograd region, more than 100 varieties are sown annually. This objectively results in difficulty of the best choice. Based on the official data on the preferences of farmers, there have been optimized the selection base, focusing on the varieties of the ARC “Donskoy”, considering it more important and responsible for farmers to clarify information about this significant (about 60 %) block. The field trial was laid in the Kikvidzensky district of the Volgograd region in the zone of blackearth soils, the subzone of southern blackearth, on the lands of “AGROPRODUKT” LLC. The study was carried out according to the methodology used by the State Variety Commission. Significant effect on the autumn stage of development was made by weather conditions, which were significantly contrasting, during the years of trial. The value of field germination was at the level of 65–75 %. The indicators of autumn tillering at the end of the autumn vegetation period for three years were in a rather narrow range of 3.9–4.7 pcs/plant. In the studied area, the formation of yield due to the density of productive stems prevailed. On average, for three years, the value of the productive stalk was 610–729 pieces/m². According to this indicator, the winter wheat varieties ‘Krasa Dona’, ‘Donskaya Step’, ‘Kapitan’ (679–729 pcs/m²) were the best ones. As a result, the best productivity indicators were demontarted by the varieties ‘Krasa Dona’ (5.66 t/ha) and ‘Donskaya Step’ (5.41 t/ha). A significant group of varieties, such as ‘Kapitan’, ‘Lidiya’, ‘Asket’, ‘Zhavoronok’, formed 5.21–5.26 t/ha.

Keywords: winter wheat, tillering, productivity, varieties, productive stems.

Введение. Производство озимой пшеницы для фермеров Волгоградской области – основной вид сельскохозяйственных работ, генерирующий значительную прибыль (Гузенко, 2021; Грабовец и Фоменко, 2007). Известно, что основой успешного производства сельскохозяйственных культур является сорт (гибрид) (Qiang et al., 2020; Zhang et al., 2021; Skripka et al., 2021; Скворцова и др., 2021).

Закладка демонстрационных участков испытаний – один из способов упростить процедуру выбора сорта (гибрида), поставить ее на научную основу, максимально дистанцироваться от субъективных факторов оценки без существенной потери в эффективности.

Формирование сортового состава для проведения демонстрационных испытаний ос-

новывается на следующих принципах. В него включаются наиболее популярные и давно используемые (8–10 и более лет) сорта озимой пшеницы – это контрольная группа. Основная группа – это сорта, внесенные в реестр 3–10 лет назад. И перспективная группа – новые сорта, которые в реестре Государственных селекционных достижений не более 3 лет либо только проходящие испытания (Сапунков, 2021; Сыздыкова и др. 2018).

В течение длительного времени в Волгоградской области сохраняется следующая ситуация относительно доли различных селекционных центров в площади посева сортов озимой пшеницы (рис. 1).

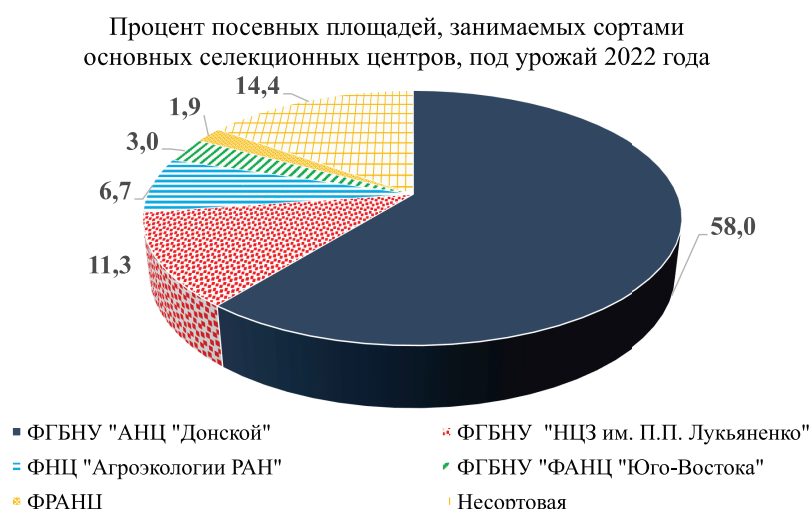


Рис. 1. Доля различных селекционных центров в площади посева сортов озимой пшеницы под урожай 2022 г., %
Fig. 1. The share of various breeding centers according to the area sown with winter wheat varieties for the harvest of 2022, %

Наиболее популярными и востребованными являются сорта селекции АНЦ «Донской». Их доля в разные годы составляет 58–60%. Учитывая это положение, мы сосредоточили наши усилия на изучении сортов именно этого селекционного центра.

Целью проведения экологических испытаний в степной зоне черноземных почв Волгоградской области был отбор наиболее урожайных и технологичных сортов озимой пшеницы селекции АНЦ «Донской».

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи.

- Выявление особенностей роста и развития сортов озимой пшеницы в осенний период.

- Влияние погодных факторов на урожайность исследуемых сортов.

Материалы и методы исследований. В статье представлены результаты изучения 10 сортов озимой мягкой пшеницы селекции Аграрного научного центра «Донской»

в период с 2018 по 2021 год. Экологические испытания проводили в Киквидзенском районе Волгоградской области в зоне черноземных почв, подзоне южных черноземов. Свою землю и технику предоставляло базовое хозяйство ООО «АГРОПРОДУКТ», станция Преображенская. Технология обработки почвы – глубокая отвальная вспашка. Предшественник – черный пар. Срок посева был выбран оптимальный для данной зоны исследований – 8 сентября. Норма высева, рекомендованная для данной зоны, – 5 млн шт. семян на гектар. Посев проводили сеялкой Primera DMC 12000 с анкерными сошниками. Ширина деланки 12 м, длина 300 м. Почва суглинистая тяжелого механического состава. Содержание гумуса – 3,1 %, азота – среднее, фосфора – среднее, обменного калия – высокое. Сорт озимой пшеницы Ермак использовали в качестве стандарта.

Все учеты и исследования проводили согласно общепринятым методикам (Дос-

пехов, 2014; Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1989).

Подсчет полевой всхожести выполняли при помощи рамки площадью 0,25 м² в 10-кратной повторности по каждому сорту.

Определение коэффициента кущения осуществляли методом отбора образцов с последующим подсчетом в 6-кратной повторности.

Определение у растений фазы «выход в трубку» осуществляли визуально у выкопанных растений.

Густоту стояния растений определяли подсчетом растений при помощи рамки площадью 0,25 м² в 3-кратной повторности.

Результаты и их обсуждение. Несмотря на то что предшественником озимой пшеницы был черный пар, существенное влияние на густоту стояния и развитие оказывал характер увлажнения сентября-октября. В сентябре 2018 г. выпало 41,6 мм осадков, причем осадки начались в течение недели после сева. Это способствовало на фоне оптимальных среднесуточных температур воздуха (10,0–18,0 °С) формированию более полных всходов и высокой выживаемости растений озимой пшеницы.

Густота стояния растений в 2018 г. составила 4,2–4,6 млн шт./м² (табл. 1), а полевая всхожесть – 84–92 % (табл. 2).

Таблица 1. Густота стояния растений по всходам (2018–2020 гг.)
Table 1. Plant density according to sprouts (2018–2020)

№ п/п	Сорт	Густота стояния по всходам, млн шт./га			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
1	Ермак, контроль	4,5	3,4	2,9	3,6
2	Лилит	4,3	3,4	3,0	3,6
3	Этюд	4,6	3,6	3,1	3,8
4	Краса Дона	4,4	3,1	2,7	3,4
5	Капитан	4,2	2,9	2,6	3,2
6	Лидия	4,5	3,2	2,8	3,5
7	Аскет	4,4	3,5	3,1	3,7
8	Жаворонок	4,2	3,4	2,9	3,5
9	Донская Степь	4,5	3,2	2,8	3,5
10	Аксинья	4,3	3,3	3,0	3,5
	НСР ₀₅	0,22	0,16	0,14	0,18

В течение следующих двух лет испытаний ситуация с увлажнением посевов закономерно ухудшалась. В сентябре 2019 г. выпало уже только 13,6 мм осадков, а в 2020 г. имела место сильная осенняя засуха, в результате которой в течение сентября и октября осадков практи-

чески не было (6,8 мм за сентябрь-октябрь). Это закономерно привело к резкому снижению густоты стояния и полевой всхожести. В 2019 г. густота стояния составила 2,9–3,6 млн шт./га, а в 2020 г. – 2,6–3,1 млн шт./га. при полевой всхожести 58–72 % и 52–62 % (табл. 2).

Таблица 2. Полевая всхожесть (2018–2020 гг.)
Table 2. Field germination (2018–2020)

№ п/п	Сорт	Полевая всхожесть, %			Среднее, %
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	
1	Ермак, контроль	90	68	58	72
2	Лилит	86	68	60	71
3	Этюд	92	72	62	75
4	Краса Дона	88	62	54	68
5	Капитан	84	58	52	65
6	Лидия	90	64	56	70
7	Аскет	88	70	62	73
8	Жаворонок	84	68	58	70
9	Донская степь	90	64	56	70
10	Аксинья	86	66	60	71
	НСР ₀₅	4	3	3	4

Важнейшим показателем, во многом определяющим основные технологические моменты осеннего периода сева, является интенсивность кущения растений озимой пшеницы. Зная особенности осеннего кущения сорта,

можно значительно снизить риски перерастания или, наоборот, недостаточного развития растений, распределяя сорта по срокам сева.

В 2018 г., благоприятном по характеру увлажнения и температурному фону, интенсив-

ность развития растений озимой пшеницы в начальный период была высокой. По истечении 30 суток после сева количество побегов варьировало в интервале 2,4–2,8 шт./раст., при этом растения набрали сумму температур 417,2 °С. В 2019 г. погодная ситуация в первый месяц после сева ухудшилась. Кущение растений было слабее предыдущего года. Растения набрали 2,0–2,6 побега. Это стало следствием меньшего количества осадков и более низкого температурного фона. Например, сумма температур, накопленная растениями, составила только 335,1 °С.

Осенью 2020 г., как мы упоминали ранее, погодная ситуация была сложной. На фоне высокой температуры фиксировался дефицит осадков. Растения озимой пшеницы в этих условиях развивались исключительно на запасах влаги, накопленных в паровом поле. Как следствие, вторичная корневая система не развивалась, что, в свою очередь, сказалось на габитусе растений. В этой ситуации сорта набрали 1,6–1,9 побега, что почти в 1,5 раза меньше, чем в благоприятном 2018 г. (табл. 3).

Таблица 3. Количество побегов растений озимой пшеницы через 30 суток после сева (2018–2020 гг.)
Table 3. Number of winter wheats prouts in 30 days after sowing (2018–2020)

№ п/п	Сорт	Количество побегов, шт./раст			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
1	Ермак, контроль	2,7	2,3	1,9	2,3
2	Лилит	2,8	2,5	1,9	2,4
3	Этюд	2,5	2,3	1,8	2,2
4	Краса Дона	2,4	2,0	1,8	2,1
5	Капитан	2,7	2,3	1,7	2,2
6	Лидия	2,8	2,6	1,7	2,4
7	Аскет	2,7	2,5	1,8	2,3
8	Жаворонок	2,4	2,3	1,6	2,1
9	Донская степь	2,8	2,4	1,9	2,4
10	Аксинья	2,6	2,2	1,8	2,2
	НСР ₀₅	0,13	0,12	0,09	0,11

Через 60 суток, то есть к окончанию осенней вегетации озимой пшеницы, сложилась следующая ситуация. В 2018 г. растения набрали 595,4 °С суммы температур, что соответствует верхней границе оптимального интервала (600 °С (Иванов, 2017)). Количество побегов перед окончанием вегетации было 5,0–6,1 шт./раст. Развитие вегетативной части было хорошее. В 2019 г. количество побегов составило 4,0–4,8 шт./раст. Сумма температур, набранная растениями, составила 405,2 °С. В 2020 г., несмотря на высокий

фон температур, в следствие отсутствия осадков развитие растений было замедленным. Количество побегов, которое смогли сформировать растения, находилось в интервале 2,7–3,3 шт./раст. (табл. 4).

В целом за три года можно отметить такие сорта, как Ермак, Лидия, Капитан, Донская степь, способные к активному развитию в осенний период вегетации. Краса Дона, Аскет, Аксинья формируют новые побеги с меньшей интенсивностью.

Таблица 4. Количество побегов через 60 суток после сева (2018–2020 гг.)
Table 4. Number of winter wheat sprouts in 60 days after sowing (2018–2020)

№ п/п	Сорт	Количество побегов, шт./рас.			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
1	Ермак, контроль	6,1	4,8	3,3	4,7
2	Лилит	5,2	4,2	3,1	4,2
3	Этюд	5,3	4,1	3,0	4,1
4	Краса Дона	5,0	4,3	2,8	4,0
5	Капитан	5,9	4,2	3,2	4,4
6	Лидия	6,0	4,8	3,3	4,7
7	Аскет	4,9	4,1	2,7	3,9
8	Жаворонок	5,4	4,2	2,8	4,1
9	Донская степь	5,7	4,5	3,0	4,4
10	Аксинья	5,1	4,0	2,8	4,0
	НСР ₀₅	0,27	0,22	0,15	0,21

Существенное влияние на рост, развитие и, как следствие, урожайность озимой пшеницы оказывают погодные условия периода покоя. Учитывая тот факт, что за время проведения испытаний опасных метеорологических факторов (ледяная корка, очень низкая и продолжительная температура воздуха, длительные оттепели и т.д.) не наблюдалось, влияние периода перезимовки на урожайность в первую очередь проявлялось в формировании больших запасов влаги в почве в результате существенного снегонакопления и небольшой глубины промерзания почвы.

За время наблюдений окончание зимнего периода происходило достаточно рано. Март в зоне исследований, как правило, месяц с отрицательной среднемесячной температурой. Однако в 2019–2021 гг. переход температур через 0 °C в сторону повышения происходил ранее среднеемноголетних сроков (табл. 5). Это в немалой степени повлияло на урожайность озимой пшеницы. Продолжительный период весеннего кушения способствовал более полной реализации потенциала сорта.

Таблица 5. Сроки начала метеорологической весны (2019–2021 гг.)
Table 5. Dates of the beginning of meteorological spring (2019–2021)

Метеорологическое событие	Год			Среднеемноголетние значения
	2019	2020	2021	
Срок перехода среднесуточных температур через 0 °C в сторону повышения	9.03	24.02	16.03	31.03

Важнейший элемент структуры урожая в зоне исследования – густота продуктивного стеблестоя. Характер погоды, недостаток осадков в июне не позволяют сформировать высокую массу колоса. Вследствие этого именно количество продуктивных стеблей наиболее сильно влияет на урожайность. Наибольшее

количество продуктивных стеблей посе- вы сформировали в 2019 г. (680–930 шт./м²) (табл. 6). Кроме сорта Краса Дона (930 шт./м²), по этому показателю можно отметить такие сорта, как Капитан (860 шт./м²), Донская степь (865 шт./м²), Лидия (855 шт./м²), Жаворонок (850 шт./м²).

Таблица 6. Густота продуктивного стеблестоя, шт./м² (2019–2021 гг.)
Table 6. Density of productive stem stand, pcs/m² (2019–2021)

№	Сорт	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²			
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
1	Ермак, контроль	750	650	510	636
2	Лилит	740	650	508	633
3	Этюд	750	690	487	642
4	Краса Дона	930	730	528	729
5	Капитан	860	680	496	679
6	Лидия	855	640	510	668
7	Аскет	750	620	503	624
8	Жаворонок	850	700	440	663
9	Донская Степь	865	701	511	692
10	Аксинья	680	660	490	610
	НСР ₀₅	40	34	25	33

И это несмотря на то, что осадки периода апрель–июнь в 2019 г. были относительно небольшие. Высокие влагозапасы и обильные осадки мая позволили озимой пшенице во многом реализовать свой потенциал.

В 2020 г. погодная ситуация складывалась благоприятно для посевов, однако несмотря на раннее начало вегетации и значительное количество осадков, март и апрель были достаточно холодными месяцами, что не дало возможности озимой пшенице активно развиваться в весенний период. Количество продуктивных побегов сформировалось на уровне 620–730 шт./м². В лидерах по этому показателю оказались следующие сорта: Краса Дона – 730 шт./м², Донская степь – 701 шт./м², Жаворонок – 700 шт./м², Этюд – 690 шт./м².

Весной 2021 г. сложились идеальные, с точки зрения развития посевов, погодные условия – раннее окончание зимы, продолжительный период весеннего кушения, значительное количество осадков. Все способствовало активному кушению и закладке большого количества продуктивных стеблей. Однако в результате этот показатель оказался самым низким (440–528 шт./м²). Это связано с недостаточным развитием растений в осенний период, когда была не только наименьшая полевая всхожесть, но и посевы не получили возможности полноценно куститься (табл. 6).

Несмотря на сложные погодные условия, на фоне которых проходили испытания, сорта сформировали высокий уровень урожайности (табл. 7).

Таблица 7. Урожайность сортов озимой пшеницы (2019–2021 гг.)
Table 7. Productivity of winter wheat varieties (2019–2021)

№ п/п	Сорт	Урожайность, т/га			
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
1	Ермак, контроль	6,06	5,30	3,86	5,07
2	Лилит	5,98	5,47	4,16	5,20
3	Этюд	6,05	5,05	4,03	5,04
4	Краса Дона	6,57	5,48	4,94	5,66
5	Капитан	6,49	5,23	4,07	5,26
6	Лидия	6,35	5,37	3,96	5,23
7	Аскет	5,89	5,59	4,28	5,25
8	Жаворонок	6,41	5,25	3,96	5,21
9	Донская степь	6,51	5,70	4,01	5,41
10	Аксинья	6,30	4,55	3,77	4,87
	Среднее	6,26	5,30	4,10	5,22
	НСР ₀₅	0,31	0,26	0,21	0,26

В 2019 г. заметно превысили контроль такие сорта, как Краса Дона (6,57 т/га), Капитан (6,46 т/га), Жаворонок (6,41 т/га), Донская степь (6,51 т/га).

По итогам 2020 г. можно выделить такие сорта, как Аскет (5,59 т/га), Донская Степь (5,70 т/га).

В 2021 г. хорошими показателями отметились сорта Лилит (4,16 т/га), Краса Дона (4,94 т/га), Аскет (4,28 т/га).

Существенное превышение по урожайности над контролем (Ермак 5,07 т/га) в среднем за три года испытаний показали такие сорта, как Краса Дона (5,66 т/га), Донская степь (5,41 т/га).

При совместном анализе урожайности, условий роста и развития заметна дифференциация сортов. Кроме показавших высокую в среднем урожайность сортов Краса Дона и Донская степь, в благоприятном 2019 г. одними из лидеров по урожайности были такие сорта, как Капитан (6,49 т/га), Жаворонок (6,41 т/га). В более сложных погодных условиях проявили себя такие сорта, как Аскет (5,59 т/га в 2020 г., 4,28 т/га в 2021 г) и Лилит (4,16 т/га в 2021 г).

Выводы. Густота стояния озимой пшеницы в целом за три года находилась на уровне 3,2–3,8 млн шт./га. Влияние погодных условий месяца сева (сентябрь) и следующего за ним (октябрь) может менять этот показатель в широких пределах (до 50 %). Показатели полевой всхожести сортов, проходивших испытания, находились в пределах 65–75 %.

Кушение растений озимой пшеницы в течение месяца после сева было на уровне 2,1–2,4 шт./раст. К моменту окончания вегетации (через 60 суток после сева) в среднем за три года все сорта имели кушение в интервале 3,9–4,7 шт./раст.

На количество продуктивных стеблей оказали влияние такие факторы, как интенсивность развития растений в осенний период и температурный режим начального периода весенне-летней вегетации. Наибольшее кушение в среднем за период испытаний имели сорта Краса Дона (729 шт./м²), Капитан (679 шт./м²), Донская степь (692 шт./м²).

В целом сорта, проходившие испытания, показали высокую среднюю урожайность, обусловленную конкретными погодными условиями. В 2019 г. – 6,26 т/га, в 2020 г. – 5,30 т/га, в 2021 г. – 4,10 т/га. Наилучшие результаты были у сортов Краса Дона (5,66 т/га) и Донская степь (5,41 т/га).

Финансирование. FNFE-2022-0010 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Библиографические ссылки

1. Озимая пшеница: монография / А. И. Грабовец, М. А. Фоменко. Ростов н/Д.: ООО «Издательство «Юг», 2007. 600 с.
2. Гузенко, А. В. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество сортов озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2021. № 3. С. 78–84. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-016.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп. Стереотип изд. М.: Альянс, 2014. 352 с.
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М.: Калининская областная типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Калининского облисполкома, 1989. 194 с.
5. Сапунков В. Л., Солонкин А. В., Гузенко А. В. Экологическое испытание сортов озимой пшеницы «АНЦ «Донской» в зоне темно-каштановых почв Волгоградской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 88–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-88-94.
6. Скворцова Ю. Г., Филенко Г. А., Фирсова Т. И., Калинина Н. В. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБУН «АНЦ «Донской» в первичном семе-

новодстве // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28.

7. Сыздыкова Г.Т., Середина С.Г., Малицкая Н.В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы по адаптивности к условиям степной зоны Акмалинской области Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 1. С. 103–110. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.103rus.

8. Qiang L.I., Chang X.H., Meng X.H., Ding L.I., Zhao M.H., Sun S. I., Li H.M., Qiao W.C. Heat stability of winter wheat depends on cultivars, timing and protective methods // Journal of Integrative Agriculture. 2020. Vol. 19, Iss. 8. P. 1984–1997. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62760-7.

9. Zhang L., Zhang W., Cui Zh., Hu Y., Schmidhalter U., Chen X. Environmental, human health, and ecosystem economic performance of long-term optimizing nitrogen management for wheat production // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 311, Iss. 3, Article number: 127620. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.127620.

10. Upadhyay P., Krishna S., Thakur P., Agrawal N., Yadav P., Prasad L. C., Vinod K. M. Identification of genetic variability and diversity in selected wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm under three different dates of sowing // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. Vol. 9, Iss. 2. P. 82–86. DOI: 10.22271/phyto.2020.v9.i2b.10836.

11. Skripka O. V., Podgorny S. V., Samofalov A. P., Chernova V. L., Gromova S. N. Vegetation period effect on winter bread wheat varieties productivity // IOP conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843, Article number: 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012012>.

References

1. Ozimaya pshenitsa: monografiya [Winter wheat: monograph] / A. I. Grabovets, M. A. Fomenko. Rostov n/D.: OOO «Izdatel'stvo «Yug», 2007. 600 s.

2. Guzenko A. V. Vliyaniye makro- i mikroudobrenii na urozhainost' i kachestvo sortov ozimoi pshenitsy [The effect of macro- and microfertilizers on productivity and quality of winter wheat varieties] // Agrokhimicheskii vestnik. 2021. № 3. S. 78–84. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-016.

3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 6-e izd., pererab. i dop. Stereotip izd. M.: Al'yans, 2014. 352 s.

4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Vypusk vtoroi: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops. Issue two: cereals, groats, legumes, maize and feed crops]. M.: Kalininskaya oblastnaya tipografiya upravleniya izdatel'stv, poligrafii i knizhnoi trgovli Kalininskogo oblispolkoma 1989. 194 s.

5. Sapunkov V. L., Solonkin A. V., Guzenko A. V. Ekologicheskoe ispytanie sortov ozimoi pshenitsy «ANTs «Donskoi» v zone temno-kashtanovykh pochv Volgogradskoi oblasti [Ecological testing of winter wheat varieties developed by the “ARC” Donskoy” in the area with dark chestnut soils of the Volgograd region] // Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2021. № 6 (78). S. 88–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-88-94.

6. Skvortsova Yu. G., Filenko G. A., Firsova T. I., Kalinina N. V. Otsenka urozhainosti i posevnykh kachestv u sortov ozimoi myagkoi pshenitsy selektsii FGBUN «ANTs «Donskoi» v pervichnom semenovodstve [Estimation of productivity and sowing qualities of winter common wheat varieties developed by the “ARC” Donskoy” in primary seed production] // Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2021. № 5(77). S. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28.

7. Syzdykova G. T., Sereda S. G., Malitskaya N. V. Podbor sortov yarovoi myagkoi pshenitsy po adaptivnosti k usloviyam stepnoi zony Akmalinskoi oblasti Kazakhstana [Selection of winter common wheat varieties for adaptability to the conditions of the steppe zone of the Akmalinskaya region of Kazakhstan] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2018. T. 53, № 1. S. 103–110. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.103rus.

8. Qiang L.I., Chang X.H., Meng X.H., Ding L.I., Zhao M.H., Sun S. I., Li H.M., Qiao W.C. Heat stability of winter wheat depends on cultivars, timing and protective methods // Journal of Integrative Agriculture. 2020. Vol. 19, Iss. 8. P. 1984–1997. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62760-7.

9. Zhang L., Zhang W., Cui Zh., Hu Y., Schmidhalter U., Chen X. Environmental, human health, and ecosystem economic performance of long-term optimizing nitrogen management for wheat production // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 311, Iss. 3, Article number: 127620. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.127620.

10. Upadhyay P., Krishna S., Thakur P., Agrawal N., Yadav P., Prasad L. C., Vinod K. M. Identification of genetic variability and diversity in selected wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm under three different dates of sowing // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. Vol. 9, Iss. 2. P. 82–86. DOI: 10.22271/phyto.2020.v9.i2b.10836.

11. Skripka O. V., Podgorny S. V., Samofalov A. P., Chernova V. L., Gromova S. N. Vegetation period effect on winter bread wheat varieties productivity // IOP conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843, Article number: 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012012>.

Поступила: 19.01.23; доработана после рецензирования: 15.05.23; принята к публикации: 23.05.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное право и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Сапунков В. Л. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ, СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА В ЗЕРНЕ И ПЛЕНЧАТОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е. Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории технолого-аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

С. Н. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор СамНЦ РАН, samniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;

А. А. Бишарев, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории серых хлебов, alexbisharev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5804-3298;

И. А. Калякулина, научный сотрудник лаборатории серых хлебов, irinka99rassom@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-6561-550X;

Н. В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, 446250, Самарская обл., пгт. Безенчук, ул. Карла Маркса, д. 41; e-mail: samniish@mail.ru

Учитывая основные назначения ячменя (продовольственное, кормовое, пивоварение), одной из главных задач является создание высокопродуктивных и высококачественных сортов с заданными параметрами белковости зерна, отвечающих российским и международным стандартам, для направленного их использования, так как требования к содержанию белка в зерне различны. Цель исследований – оценить продуктивность и белковость зерна сортов ярового ячменя, выявить корреляционные связи между урожайностью, содержанием белка и пленчатостью зерна. Установлено, что в зависимости от погодных условий вегетационного периода снижение урожайности зерна ярового ячменя с 3,96 до 1,56 т/га в годы исследований обусловлено снижением продуктивной кустистости, массы зерна с колоса, числа зерен в колосе. Согласно результатам корреляционного анализа продуктивность ячменя не зависела от массы 1000 зерен. В среднем за 2018–2022 гг. наибольшую урожайность сформировали сорта ячменя Холзан – 2,93 т/га и Сарыч – 2,88 т/га. Выделилась группа сортов с повышенным количеством белка независимо от метеорологических условий вегетационного периода: Лунь, Прерия, Безенчукский 2, Холзан, Орлан, максимальное содержание белка сформировал сорт Лунь – 14,5 %. Данные сорта ярового ячменя пригодны на продовольственные (крупы) и кормовые цели. Установлено, что максимальное содержание белковых веществ формируется в очень сухие годы (сорт Лунь 17,0 %). Отмечена достоверная обратная корреляционная зависимость между урожайностью зерна и белковостью лишь в контрастные по погодным условиям годы: в острозасушливом 2021 г. ($-0,65^*$) и в благоприятном для роста и развития растений 2022 г. ($-0,60^*$). Между количеством белка и пленчатостью зерна прослеживается аналогичная ситуация: в 2021 г. ($-0,66^*$) и в 2022 г. ($-0,73^{**}$). В среднем за годы исследований достоверной зависимости между данными показателями не обнаружено, что говорит о возможности ведения селекции высокоурожайных сортов ярового ячменя с содержанием белка в зерне на уровне существующих стандартов.

Ключевые слова: ячмень яровой, урожайность, элементы продуктивности, белок, пленчатость.

Для цитирования: Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Бишарев А. А., Калякулина И. А., Анисимкина Н. В. Оценка урожайности, содержания белка в зерне и пленчатости ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 72–77. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-72-77.



ESTIMATION OF PRODUCTIVITY, PROTEIN PERCENTAGE IN GRAIN AND HOODNESS OF SPRING BARLEY VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

E. N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for technical and analytical service, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

S. N. Shevchenko, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician of RAS, head of the SamRC RAS, samniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;

A. A. Bisharev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory of brown bread, alexbisharev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5804-3298;

I. A. Kalyakulina, researcher of the laboratory of brown bread, irinka99rassom@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-6561-550X;

N. V. Anisimkina, senior researcher of the laboratory for technical and analytical service, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797

Samarsky Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaykov,

a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS,

446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

Taking into account the main purposes of barley use (food, feed, brewing), one of the main tasks is to develop highly productive and high-quality varieties with specified grain protein parameters that meet Russian and international standards for targeted use, since the requirements for protein percentage in grain are different. The purpose of the current study was to estimate the productivity and protein percentage in grain of spring barley varieties, to identify cor-

relations between productivity, protein percentage and grain hoodness. There has been established that, depending on the weather conditions of the vegetation period, the yield decrease of spring barley grain from 3.96 t/ha to 1.56 t/ha during the years of study was due to a decrease in productive tillering, grain weight per head, and number of grains per head. According to the results of the correlation analysis, barley productivity did not depend on 1000-grain weight. On average, in 2018–2022, the largest productivity was formed by the barley varieties 'Kholzan' with 2.93 t/ha and 'Sarych' with 2.88 t/ha. There has been identified a group of such varieties with an increased amount of protein, regardless of the weather conditions of the vegetation period as 'Lun', 'Praiya', 'Bezenchuksky 2', 'Kholzan', 'Orlan', with the maximum protein percentage of 14.5 % formed by the variety 'Lun'. These spring barley varieties are suitable for food (cereals) and feed purposes. There has been established that the maximum percentage of protein substances was formed in very dry years (17.0 % by the variety 'Lun'). There has been found a significant inverse correlation between grain productivity and protein content only in years with contrasting weather conditions, namely in the extremely dry 2021 (-0.65^*) and in the favorable for plant growth and development 2022 (-0.60^*). There was seen a similar situation between protein percentage and grain hoodness with -0.66^* in 2021 and -0.73^{**} in 2022. On average, over the years of study, there was no significant correlation between these indicators, which demonstrates the possibility of breeding highly productive spring barley varieties with protein percentage in grain at the level of existing standards.

Keywords: spring barley, productivity, yield structure elements, protein, hoodness.

Введение. Ячмень из-за большого разнообразия форм хорошо произрастает в различных почвенно-климатических зонах (растения малотребовательны к теплу, продуктивно используют запасы влаги, интенсивно развиваются в период воздушной засухи), широко распространен в России, Западной Европе, Азии, Канаде, США, является высокоурожайной колосовой культурой.

Потребности в ячмене пивоваренной, комбикормовой промышленности, возрастающая роль в изготовлении продуктов здорового питания, а именно специализированного для диабетиков, круп, хлебобулочных изделий с добавлением ячменной муки, солодового экстракта – все эти производства содействуют резкому подъему спроса на ячмень (Полонский и др., 2018; Шаболкина и др., 2023). На продуктивность и качество зерна сортов ярового ячменя влияют факторы – сортовые особенности, природно-климатические условия, агрохимическое состояние почвы, режим питания, агротехника, сроки и способы уборки: урожайность на 96,5 % зависит от зоны возделывания то есть местность+климат (Брагин и Филиппов, 2022; Шевченко и Бишарев, 2015), наибольший вклад в продуктивность ячменя вносят условия среды – на 64,6 % (Гудзенко, 2022), на содержание белка в зерне на 93 % влияют условия выращивания (Юсова и др., 2015), крупность зерна не зависит от сорта и подкормок, а обусловлена уровнем влагообеспеченности растений (Пасынков и др., 2019), пленчатость ячменя зависит на 54 % от климатических условий вегетационного периода, доля фактора «генотип» низкая (Сумина и Полонский, 2014).

В селекции ярового ячменя, наряду с задачами повышения урожайности, устойчивости к полеганию, засухе и различным заболеваниям, особое значение приобретает качество, а именно белковость зерна. Учитывая универсальное использование данной культуры в перерабатывающих отраслях, предъявляемые требования к содержанию белка в зерне различны для продовольственного, кормового и пивоваренного ячменя.

Крупы, хлопья, мука вырабатываются из ценных по качеству сортов ячменя, по ГОСТу 28672-90 для ячменя крупяного на-

значения содержание белка в зерне не нормируется, приоритетными показателями являются натура, стекловидность: для производства ячневой крупы используют зерно со стекловидным эндоспермом, для перловой – с полустекловидным или мучнистым. Пищевые продукты – хлебобулочные изделия с добавлением муки из цельносмолотого зерна, всевозможные каши более питательные и калорийные, если изготавливаются из высокобелковых сортов ячменя. Одно из главных достоинств кормового ячменя, на долю которого приходится около 75,0 % от всего производимого зерна ячменя, – высокобелковое зерно с повышенным количеством незаменимых аминокислот. Ячмень как ценнейший компонент комбикормов, кормосмесей повышает биологическую ценность продуктов (содержание белка в ГОСТе 53900-2010 нормируется – не менее 13,0 %). Увеличение объема продукции пивоварения в России повышает спрос на качественное сырье: содержание белка в зерне пивоваренных сортов ячменя должно колебаться в пределах 10,7–11,2 %, но не превышать 12,0 %. Однако отмечено (Трубачеева и Першина, 2021), что на биохимические показатели суслу влияет не содержание белка в зерне, а качество белков: плохо растворимые в воде глобулины и проламины улучшают потребительские свойства пива.

Учитывая основные назначения ячменя (продовольственное, кормовое), одной из главных задач является создание высокопродуктивных и высококачественных сортов с заданными пределами белковости зерна, отвечающие российским и международным требованиям, для направленного их использования. Для успешного решения этой задачи необходимо выявлять и изучать в селекционных программах закономерности изменения продуктивности, массовой доли белковых веществ в зерне от условий среды, сорта, от агрохимического состояния почвы. Вопросы, связанные с продуктивностью и белковостью зерна, с нормативным содержанием белка в зерне ячменя продовольственного, кормового и пивоваренного назначения актуальны как в научном, так и практическом плане.

Цель исследований – оценить продуктивность и белковость зерна сортов ярового ячменя, выявить корреляционные связи между урожайностью, содержанием белка и пленчатостью зерна.

Материалы и методы исследований.

На экспериментальной базе Самарского НИИСХ в течение пяти лет (2018–2022 гг.) изучали показатели продуктивности и биохимические свойства зерна 12 сортов пленчатого ячменя из конкурсного сортоиспытания. Оценку качества зерна ячменя – содержание азота белкового (ГОСТ 10846-91), пленчатость зерна (ГОСТ 10843-76) – проводили в соответствии с национальными стандартами Российской Федерации. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по Б. А. Доспехову.

Погодные условия в годы исследований были различными: в 2018 г. вегетация ярового ячменя проходила при недостаточном увлажнении (8–24 мм продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы) и пониженном температурном режиме (11,2–18,5 °С в первой и второй декаде июня). В дальнейшем отмечены суховеи в течение 3 дней, которые нарушали процесс формирования зерна, и жаркая и сухая погода. Метеорологические условия в 2019 и 2020 гг. характеризовались колеблющимся температурным режимом: от ниже среднесуточной температуры (на 8°С) до суховеев в течение 4–6 дней в период налива и созревания

зерна. В 2021 г. практически на протяжении всего вегетационного периода наблюдалась засуха, температура воздуха превышала среднесуточные значения на 0,5–9,0 °С, период роста и развития ярового ячменя отмечен как острозасушливый с гидротермическим коэффициентом 0,39. Вегетация в 2022 г. проходила при благоприятных условиях: достаточное количество осадков (135–176 % от нормы) и пониженный температурный режим воздуха (на 0,4–4,9 °С ниже нормы) способствовали формированию высокой продуктивности ярового ячменя.

Результаты и их обсуждение. В засушливых условиях Среднего Поволжья продуктивность ярового ячменя находится в тесной зависимости от условий среды и сорта. Сорта по-разному используют питательные вещества, в том числе и естественное плодородие почвы, и реагируют на изменяющиеся условия произрастания с максимальным развитием всех элементов продуктивности также различно. В зависимости от условий вегетации снижение урожайности зерна (с 3,96 т/га в благоприятный 2022 г. до 1,56 т/га в острозасушливый 2021 г.) обусловлено снижением продуктивной кустистости, массы зерна с колоса, числа зерен в колосе. Согласно результатам корреляционного анализа урожайности зерна ярового ячменя за годы исследований не зависела от массы 1000 зерен (табл. 1).

Таблица 1. Элементы продуктивности ярового ячменя и их сопряженность с урожайностью зерна (2018–2022 гг.)
Table 1. Spring barley yield elements and their correlation with grain productivity (2018–2022)

Годы	Продуктивная кустистость, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, т/га
2018	2,03	15,0	1,12	41,5	1,87
2019	1,77	13,0	0,92	41,3	2,09
2020	1,96	17,0	1,45	45,8	3,76
2021	2,13	15,0	1,07	38,4	1,56
2022	2,93	17,0	0,82	51,9	3,96
НСР _{0,05}	0,27	1,60	0,18	1,67	0,22
Коэффициенты корреляции с урожаем зерна					
2018	0,52*	–0,04	0,22	–0,29	–
2019	0,01	0,28	0,46*	0,22	–
2020	0,47*	–0,39	–0,05	–0,29	–
2021	–0,27	0,03	–0,32	0,25	–
2022	–0,39	0,48*	0,50*	0,01	–

Примечание. * – значимость на 5 % уровне; ** – значимость на 1 % уровне.

В засушливых условиях 2018 г. наблюдалась сопряженность средней силы между урожайностью и продуктивной кустистостью (0,52*), по-видимому, это связано с большими запасами продуктивной влаги в почве в фазу кущения. В условиях весенне-летней засухи 2019 г. формирование урожайности зерна происходило за счет массы зерна с колоса (0,46*). В относительно благоприятном 2020 г. урожайность зерна формировалась в основном за счет продуктивной кустистости (0,47*). В условиях

жесткой засухи в 2021 г. не отмечено значимых связей урожайности зерна с элементами продуктивности. В 2022 г. при благоприятных условиях вегетации отмечена средней силы корреляция средней силы урожайности зерна с числом зерен в колосе (0,48*) и массой зерна с колоса (0,50*).

В среднем за 2018–2022 гг. наибольшую урожайность зерна на уровне стандарта Беркут (2,83 т/га) сформировали новые сорта Холзан – 2,93 т/га и Сарыч – 2,88 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика сортов ярового ячменя в конкурсном сортоиспытании (2018–2022 гг.)
Table 2. Characteristics of spring barley varieties in the Competitive Variety Testing (2018–2022)

Сорт	Урожай зерна, т/га	Продуктивная кустистость, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Пленчатость, %
Беркут, st	2,83	2,22	14,0	1,05	42,2	12,5	10,4
Прерия	2,41	2,38	13,0	1,06	43,6	13,9	10,8
Медикум 157	2,66	2,45	13,0	1,11	46,3	13,6	10,3
Орлан	2,75	2,49	13,0	1,12	45,7	13,8	11,0
Финист	2,75	2,55	14,0	1,08	41,1	13,5	10,5
Пересвет	2,72	2,06	15,0	1,08	43,6	13,2	10,8
Ястреб	2,47	1,92	13,0	0,85	43,4	13,6	11,4
Лунь	2,45	2,10	13,0	1,01	46,2	14,5	11,0
Безенчукский 2	2,59	2,38	13,0	1,06	44,9	13,9	10,6
Волгодон	2,38	1,50	24,0	1,22	42,6	12,8	12,5
Холзан	2,93	2,39	14,0	1,14	44,1	13,9	10,8
Сарыч	2,88	1,55	24,0	1,27	41,7	12,5	12,5
НСР _{0,05}	0,31	0,38	2,0	0,21	2,47	0,88	0,78

По продуктивной кустистости и числу зерен в колосе сорта двурядного ячменя находились на уровне стандарта (сорт Беркут). По массе 1000 зерен выделились сорта Безенчукский 2, Орлан, Медикум 157, Лунь (44,7–45,9 г).

При использовании ячменя для продовольственных, кормовых и пивоваренных целей главным критерием является содержание белка в зерне, конкретный диапазон, который оговаривается в нормативных документах. В среднем за годы исследований (2018–2022) содержание белка в зерне ярового ячменя варьировало в широких пределах – от 12,5 до 14,5 % (сорт Беркут, st. – 12,5%). Выделилась группа сортов с повышенным содержанием белка независимо от метеорологических условий вегетационного периода: Лунь, Прерия, Безенчукский 2, Холзан, Орлан, максимальное содержание белка сформировал сорт Лунь – 14,5 % (табл. 2).

Анализ проведенных исследований свидетельствует о влиянии влагообеспеченности и температурного режима на накопление белковых веществ в зерне ярового ячменя. В 2021 г. наблюдалась аномально жаркая и сухая погода в период созревания и налива зерна (продолжительная засуха в течение 6 дней, гидротермический коэффициент 0,39), что способствовало усиленному накоплению белка в зерне – 16,8–17,0 %. Высокая температура и дефицит влаги укорачивают период развития растений и созревания зерна, способствуя наибольшему формированию массовой доли белковых веществ в зерне. В данном году урожайность и белковость были сопряжены достоверной обратной связью ($-0,65^*$), неблагоприятные погодные факторы сдерживали рост и развитие ярового ячменя, что привело к снижению урожайности (10,3–20,9 ц/га) при повышении содержания белка в зерне (табл. 3).

Таблица 3. Матрица коэффициентов корреляции и вариации показателей продуктивности, белка, пленчатости зерна ярового ячменя (2018–2022 гг.)
Table 3. Matrix of correlation coefficients and variations in productivity indicators, protein, hoodness of spring barley grain (2018–2022)

Год	Показатели	Урожайность, ц/га	Белок, %	Пленчатость, %	Коэффициент вариации, %
2018	Урожайность, т/га	1,00	–	–	14,3
	Белок, %	0,19	1,00	–	7,0
	Пленчатость, %	0,06	0,17	1,00	9,2
2019	Урожайность, т/га	1,00	–	–	13,4
	Белок, %	–0,43	1,00	–	5,4
	Пленчатость, %	–0,57	0,19	1,00	6,0
2020	Урожайность, т/га	1,00	–	–	10,7
	Белок, %	–0,44	1,00	–	5,1
	Пленчатость, %	–0,28	–0,13	1,00	9,0
2021	Урожайность, т/га	1,00	–	–	18,8
	Белок, %	–0,65*	1,00	–	8,4
	Пленчатость, %	–0,06	–0,66*	1,00	7,6
2022	Урожайность, т/га	1,00	–	–	19,5
	Белок, %	–0,60*	1,00	–	8,9
	Пленчатость, %	0,35	–0,73**	1,00	9,9
2018–2022	Урожайность, т/га	1,00	–	–	28,2
	Белок, %	–0,43	1,00	–	9,2
	Пленчатость, %	–0,44	0,45	1,00	10,6

Примечание. * – значимость на 5%-м уровне; ** – значимость на 1%-м уровне.

За годы исследований отмечено, что максимальное содержание белковых веществ формируется в очень сухие годы (сорт Лунь 17,0 %).

В 2022 г. благоприятные погодные условия (невысокая температура, достаточная, но не чрезмерная обеспеченность растений влагой) позволили получить наиболее высокую урожайность ярового ячменя (3,58–4,26 т/га) за годы исследований. Между урожайностью зерна и белковостью наблюдалась достоверная обратная корреляционная зависимость ($-0,60^*$). Затраты питательных веществ пошли на развитие вегетативной массы и формирование высокой урожайности при достаточной водообеспеченности, тем самым способствуя снижению массовой доли белка в зерне ярового ячменя до 11,3–13,0 % (минимальное содержание за годы исследований).

В 2018, 2019 и 2020 гг. сорта ярового ячменя сформировали количество белка в зерне примерно на одном уровне – 12,5–14,5 %, взаимосвязь была отрицательная между содержанием белка в зерне и урожайностью, но не достоверная. В среднем за годы исследований обратная корреляционная зависимость наблюдалась между урожайностью и содержанием белка ($-0,43$), но также была не достоверной, что говорит о возможности ведения селекции высокоурожайных сортов ярового ячменя с содержанием белка в зерне на уровне существующих стандартов.

Пленчатость – один из важных показателей, который также рекомендуют учитывать при использовании ячменя в некоторых перерабатывающих отраслях, и зависящий, с одной стороны, от условий произрастания (местность, погода вегетационного периода), с другой – это результат сортовой реакции. Пленчатость зерна ярового ячменя за 2018–2022 гг. колебалась в пределах 10,3–12,5 %. У всех изучаемых сортов этот показатель был выше 10 %, что характеризует данные сорта как толстопленчатые (для пивоварения зерно ячменя с такими значениями пленчатости нежелательно, так как содержит больше дубильных веществ, ухудшающих вкус производимого продукта). В чрезмерно жаркий и сухой 2021 г. отмечены наибольшие значения пленчатости зерна – 11,8–14,8 %, а в 2022 г. при повышенной влагообеспеченности данный показатель снизился на 1,9–3,0 %. Результаты корреляционного анализа показали достоверную отрицательную зависимость между пленчатостью и содержанием белка в зерне в контрастные по погодным условиям годы: в 2021 г. ($-0,66^*$)

и 2022 г. ($-0,73^{**}$), а в 2018, 2019 и 2020 гг. такая зависимость не наблюдалась. Анализ корреляционных данных за годы исследований на фенотипическом уровне показал отсутствие достоверной зависимости между количеством белка и пленчатостью зерна.

Оценка коэффициентов вариации показала, что содержание белка в зерне ярового ячменя в 2018–2020 гг. варьировало в пределах 5,1–7,0 %, а в аномально жарком 2021 г. и в благоприятном по погодным условиям 2022 г. изменчивость признака увеличилась до 8,4–8,9 %, что свидетельствует о влиянии условий произрастания на содержание белка в зерне. Показатель пленчатости зерна также относится к слабоварьирующим признакам – 6,0–9,9 %. Значительная изменчивость отмечена у продуктивности зерна (18,8–19,5 %) в годы, отличающиеся от среднемноголетних по погодным условиям, – 2021 и 2022 гг., а в 2018–2020 гг. данный признак варьировал в средних пределах – 10,7–14,3 %. На фенотипическом уровне изменчивость продуктивности зерна колебалась более значительно и составила 28,2 %.

Выводы. В зависимости от условий вегетации снижение урожайности зерна ярового ячменя в годы исследований с 3,96 до 1,56 т/га обусловлено снижением продуктивной кустистости, массы зерна с колоса, числа зерен в колосе. В среднем за 2018–2022 гг. наибольшую продуктивность сформировали сорта ячменя Холзан – 2,93 т/га и Сарыч – 2,88 т/га. Отмечена группа сортов с высоким содержанием белка независимо от погодных условий вегетационного периода: Лунь, Прерия, Безенчукский 2, Холзан, Орлан, максимальное содержание белка сформировал сорт Лунь – 14,5 %. Данные сорта ярового ячменя пригодны на продовольственные (крупы) и кормовые цели. Между урожайностью зерна и белковостью наблюдалась достоверная обратная корреляционная зависимость лишь в контрастные по погодным условиям годы: в острожасушливом 2021 г. ($-0,65^*$) и в благоприятном для роста и развития растений 2022 г. ($-0,60^*$). Аналогичная ситуация прослеживается и между содержанием белка и пленчатостью зерна: в 2021 г. ($-0,66^*$) и в 2022 г. ($-0,73^{**}$). В среднем за годы исследований достоверной зависимости между данными показателями не обнаружено, что говорит о возможности ведения селекции высокоурожайных сортов ярового ячменя с содержанием белка в зерне на уровне существующих стандартов.

Библиографические ссылки

1. Брагин Р.Н., Филиппов Е.Г. Оценка показателей адаптивности сортов ярового ячменя по урожайности в условиях изменчивости природной среды // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 18–24. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-18-24>.
2. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGEbiplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Пасынков А.В., Завалин А.А., Пасынкова Е.Н., Скоробогатых Н.А., Котельникова Н.В. Взаимосвязи между основными показателями технологических качеств зерна пивоваренного ячменя

и продовольственного овса при фракционировании // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 5. С. 11–16. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019511-16>.

5. Полонский В.И., Лоскутов И.Г., Сумина А.В. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22, № 3. С. 343–352. DOI: 10.18699/VJ18.370.

6. Сумина А.В., Полонский В.И. Роль генотипа и среды при формировании показателей плотности и пленчатости зерна ячменя, выращенного в условиях Сибири // Вестник Крас ГАУ. 2014. № 1. С. 64–69.

7. Трубочеева Н.В., Першина Л.А. Проблемы и возможности изучения пивоваренных признаков ячменя с использованием молекулярно-генетических подходов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 2. С. 171–177. DOI: 10.18699/VJ21.021.

8. Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Анисимкина Н.В. Оценка биохимических и технологических показателей зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя в условиях Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2023. № 1. С. 23–28. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-84-1-23-28>.

9. Шевченко С.Н., Бишарев А.А. Результаты селекции ярового ячменя в Самарском НИИСХ // Известия Самарского НЦ РАН. 2015. Т. 17, № 4(3). С. 592–595.

10. Юсова О.А., Николаев П.Н., Поползухин П.В. Формирование качества зерна пивоваренных сортов ячменя в зависимости от условий периода вегетации // Земледелие. 2015. № 5. С. 44–46.

References

1. Bragin R.N., Filippov E.G. Otsenka pokazatelei adaptivnosti sortov yarovogo yachmenya po urozhnainosti v usloviyakh izmenchivosti prirodnoi sredy [Estimation of indicators of adaptability of spring barley varieties according to productivity in conditions of environmental variability] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Т. 14, № 3. С. 18–24. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-18-24>.

2. Gudzenko V.N. Statisticheskaya i graficheskaya (GGE biplot) otsenka adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti selektsionnykh liniy yachmenya ozimogo [Statistical and graphical (GGE biplot) estimation of the adaptability and stability of winter barley breeding lines] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019. Т. 23, № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.

3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. М.: AI'yans, 2014. 351s.

4. Pasyukov A.V., Zavalin A.A., Pasyukova E.N., Skorobogatykh N.A., Kotelnikova N.V. Vzaimosvyazi mezhdu osnovnymi pokazatelyami tekhnologicheskikh kachestv zerna pivovarennogo yachmenya i prodovol'stvennogo ovsa pri fraktsionirovanii [Correlation between the main indicators of the technological qualities of brewing barley grain and food oats during fractioning] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2019. № 5. С. 11–16. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019511-16>.

5. Polonskii V.I., Loskutov I.G., Sumina A.V. Seleksiya na soderzhanie antioksidantov v zerne kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya [Breeding for the content of antioxidants in grain as a promising direction for obtaining healthy foods] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. Т. 22, № 3. С. 343–352. DOI: 10.18699/VJ18.370.

6. Sumina A.V., Polonskii V.I. Rol' genotipa i sredy pri formirovanii pokazatelei plotnosti i plenchatosti zerna yachmenya, vyrashchennogo v usloviyakh Sibiri [The role of the genotype and environment in the formation of indicators of density and hoodness of barley grain grown in Siberia] // Vestnik Kras GAU. 2014. № 1. С. 64–69.

7. Trubacheeva N.V., Pershina L.A. Problemy i vozmozhnosti izucheniya pivovarennykh priznakov yachmenya s ispol'zovaniem molekulyarno-geneticheskikh podkhodov [Problems and opportunities for studying the brewing traits of barley using molecular genetic approaches] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2021. Т. 25, № 2. С. 171–177. DOI: 10.18699/VJ21.021.

8. Shabolkina E.N., Shevchenko S.N., Anisimkina N.V. Otsenka biokhimicheskikh i tekhnologicheskikh pokazatelei zerna sortov plenchatogo i golozernogo yachmenya v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Estimation of biochemical and technological indicators of grain varieties of hulled and hulls barley in the conditions of the Middle Volga region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. № 1. С. 23–28. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-84-1-23-28>.

9. Shevchenko S.N., Bisharev A.A. Rezul'taty selektsii yarovogo yachmenya v Samarskom NIISKH [Results of spring barley breeding in the Samara Research Institute of Agriculture] // Izvestiya Samarskogo NTs RAN. 2015. Т. 17, № 4(3). С. 592–595.

10. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Popoluzhin P.V. Formirovanie kachestva zerna pivovarennykh sortov yachmenya v zavisimosti ot uslovii perioda vegetatsii [Formation of grain quality of brewing barley varieties depending on the conditions of a vegetation period] // Zemledelie. 2015. № 5. С. 44–46.

Поступила: 18.04.23; доработана после рецензирования: 23.05.23; принята к публикации: 23.05.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шаболкина Е.Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Шевченко С.Н. – концептуализация исследования; Бишарев А.А. – анализ данных и их интерпретация, Калякулина И.А. – выполнение полевых опытов, сбор данных, Анисимкина Н.В. – выполнение химико-технологических анализов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ ЦЧР И ИХ СВЯЗЬ С УРОЖАЙНОСТЬЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

О. А. Митрохина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и агроэкологического мониторинга, mitrokhina1977@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-5035-841X

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Курский федеральный аграрный научный центр»,
305021, г. Курск, ул. К. Маркса, д. 70б*

Цель исследований – определить содержание подвижных форм микроэлементов в почвах на разных экспозициях рельефа и установить взаимосвязь элементов с урожайностью основных сельскохозяйственных культур в условиях ЦЧР. Исследования проводили на территории Курской области на полях ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в период с 2006 по 2016 г. в лаборатории агрохимии и агроэкологического мониторинга. Предметом исследований были микроэлементы и их количество. Объектом исследований – пахотные почвы изучаемой территории и урожайность сельскохозяйственных культур. Установлено, что склоны полярных экспозиций имеют различный уровень содержания микроэлементов. Содержание подвижной меди снижалось на склоне северной экспозиции – 0,07 мг/кг и водораздельного плато – 0,09 мг/кг. На склоне южной экспозиции оно имело тенденцию к увеличению (0,10 мг/кг). Наибольшее содержание подвижного цинка отмечено на водораздельном плато (0,13 мг/кг), наименьшее – на южном склоне (0,06 мг/кг). Содержание марганца на территории водораздельного плато было сравнительно выше в сравнении со склонами полярных экспозиций – 17 мг/кг, северный склон – 10,8 мг/кг, южный – 8,0 мг/кг. Выявлено, что микроэлементы оказывают различное влияние на урожайность изучаемых культур по элементам рельефа. На территории северного склона и водораздельного плато на урожайность ячменя большее влияние оказывает содержание цинка и марганца. Урожайность озимой пшеницы имеет зависимость от марганца. На южном склоне на урожайность изучаемых культур существенное влияние оказывало содержание подвижных цинка и марганца в комплексе.

Ключевые слова: экспозиция склона, микроэлементы, взаимосвязь, урожайность.

Для цитирования: Митрохина О. А. Микроэлементы в склоновом агроландшафте ЦЧР и их связь с урожайностью сельскохозяйственных культур // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 78–83. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-78-83.



MICROELEMENTS IN THE SLOPE AGRICULTURAL LANDSCAPE OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION AND THEIR CORRELATION WITH GRAIN CROP PRODUCTIVITY

O. A. Mitrokhina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for agrochemistry and agroecological monitoring, mitrokhina1977@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-5035-841X

*FSBSI Kursk Federal Agrarian Research Center,
305021, Kursk, Karl Marks Str., 70b; e-mail: kurskfarc@mail.ru*

The purpose of the current study was to determine the content of mobile forms of microelements in soils with different relief and to establish the correlation between elements and productivity of the main agricultural crops under the conditions of the Central Blackearth Region. The study was carried out on the territory of the Kursk region on the fields of the FSBSI Kursk FARC in the laboratory for agrochemistry and agroecological monitoring in the period from 2006–2016. The subjects of the study were microelements and their quantity. The object of the study was the arable soil and grain crop productivity. There has been established that the slopes of polar exposures have different levels of microelement content. The content of mobile copper has decreased on the slope of the northern exposure and amounted to 0.07 mg/kg and 0.09 mg/kg on the watershed plateau. On the slope of the southern exposure, it has tended to increase (0.10 mg/kg). The highest content of mobile zinc has been determined on the watershed plateau (0.13 mg/kg), the lowest on the southern slope (0.06 mg/kg). The manganese content on the territory of the watershed plateau was relatively higher in comparison with the slopes of polar exposures (17 mg/kg), northern slope (10.8 mg/kg), and southern one (8.0 mg/kg). There has been found that microelements have a different effect on productivity of the studied grain crops according to land relief. On the territory of the northern slope and the watershed plateau, barley productivity has been more influenced by the content of zinc and manganese. Winter wheat productivity was dependent on manganese. On the southern slope, productivity of the studied grain crops was significantly affected by both the content of mobile zinc and manganese.

Keywords: slope exposure, microelements, correlation, productivity.

Введение. Земельный фонд Российской Федерации насчитывает 1709 млн га, из них 651 тыс. га (38,1 %) сельскохозяйственных угодий, расположенных на разных типах почв.

Площадь пахотных земель насчитывает 220 млн га (Стифеев и др., 2015).

На территории Центрально-Черноземного региона распространены две природные

зоны – лесостепная и степная. Благодаря сравнительно благоприятным природным и экологическим условиям данная территория является районом интенсивного земледелия и животноводства. В регионе производили зерна 10 %, сахарной свеклы 54 %, подсолнечника 23 %, молока и мяса 5 % от общего объема Российской Федерации, сельскохозяйственной продукции в расчете на одного жителя – в 1,5 раза больше, чем в среднем по стране (Гасанов и Арсланов, 2017).

Климат данного региона характеризуется умеренной континентальностью, усиливающейся с северо-запада на юго-восток и проявляющейся в резком колебании температуры и относительной влажности воздуха, неравномерностью распределения осадков в течение года и по годам, наличием выраженных засушливо-суховейных периодов. Различия климатических условий определяются особенностями рельефа и большой протяженностью региона на восток. В регионе складывается преимущественно антициклонный тип погоды.

В период проведения исследований (2006–2016 гг.) среднегодовая температура воздуха составила 7,6 °С, что на 2,2 °С выше среднегогодовой нормы, сумма активных температур (более 10 °С) была 2381 °С, среднегодовое количество осадков – 616 мм в год. Годовое количество атмосферных осадков подвержено колебаниям от 480 до 920 мм. За период с температурой 10 °С количество осадков составляет 580 мм, за холодный период – 319 мм. Гидротермический коэффициент ГТК – 1,04. В целом погодные условия исследуемых лет были удовлетворительными для роста и развития сельскохозяйственных культур. Исключение составляет 2010 год. В этот год наблюдалась самая высокая температура за апрель–август, а средняя температура за июнь–август превысила многолетнюю норму на 4,0 °С. Значение ГТК в 2010 г. соответствовало 0,5.

Особенностью современного рельефа ЦЧР является множество оврагов, развитию которых способствовали как природные факторы (всхолмленность, легкоразмываемые грунты), так и социально-экономические (вырубка лесов, распашка лугов) (Какушкина и др., 2022).

Однако наибольшая часть почв сосредоточена на равнинной поверхности, но не стоит забывать почвы, образованные на так называемых неудобных видах рельефа.

Организация сельскохозяйственной деятельности на разных типах местности имеет ряд своих особенностей, которые определены местоположением почв, различным уровнем элементов питания на склонах полярных экспозиций и многими другими факторами.

Правильное и рациональное использование каждого участка земли, без ее потери, является актуальной задачей современного земледелия. Одной из главных причин неоднородности плодородия почв является различие в рельефе местности (Рагимов, 2020).

В последнее время вопрос, связанный с содержанием микроэлементов в почвах и их влиянием на урожайность сельскохозяйственных культур, является актуальным, чему способствуют многие факторы. Одним из важных факторов является то, что в большинстве регионов Российской Федерации почвы имеют малые запасы микроэлементов, а это приводит к снижению урожайности и качественных показателей сельскохозяйственных культур.

По сравнению с макроэлементами, культуры потребляют микроэлементы в небольших количествах, но от этого их роль не становится менее значимой. Микроэлементы входят в состав важнейших ферментов, гормонов и других физиологически активных соединений, участвуют в процессах синтеза белков, углеводов, жиров и витаминов. Их действие положительно сказывается на развитии и посевных качествах семян, а также на устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды (Зыкова и др., 2013; Петрова и Толорая, 2017; Борисова, 2017; Azarenko, 2019; Павловская и др., 2019; Лукин и др., 2022).

При дефиците какого-либо элемента нет смысла пробовать увеличить урожайность за счет внесения других элементов.

Несмотря на большое количество исследований по агрохимии и биохимии микроэлементов на территории Центрального Черноземья (Глазунов и др., 2021; Дрепа и др., 2022), вопрос влияния рельефа на содержание микроэлементов в почвах ЦЧР и их действия на урожайность сельскохозяйственных культур остается недостаточно изученным, а их содержание в почвах является недооцененным агроэкологическим фактором. Имеющиеся данные по содержанию микроэлементов в почвах и их взаимосвязям с урожайностью сельскохозяйственных растений недостаточно обобщены и сгруппированы.

Цель исследований – определить содержание подвижных форм микроэлементов в почвах на разных экспозициях рельефа и установить взаимосвязь элементов с урожайностью основных сельскохозяйственных культур в условиях ЦЧР.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на территории Курской области (поля ФГБНУ «Курский ФАНЦ») в период с 2006 по 2016 г. в лаборатории агрохимии и агроэкологического мониторинга. В работе использованы материалы многофакторного полевого опыта ВНИИЗ и ЗПЭ, литературные данные. Опытные поля расположены в северной части Медвенского района Курской области. Административно-хозяйственный центр находится в селе 1-е Панино на расстоянии 28 км от г. Курска. В районе преобладают склоновые земли и высокая степень распаханности (80 %) в условиях склонового рельефа (коэффициент расчленения составляет 1,4 км/км²). Черноземы типичные в районе исследований граничат с черноземами выщелоченными. При проведении исследований

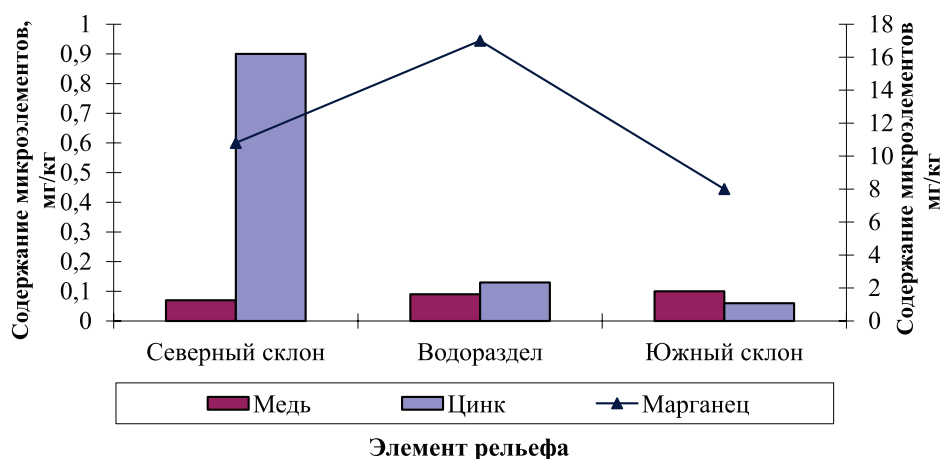
на склоне северной экспозиции использовался комплекс типичных и выщелоченных черноземов, чернозем типичный неэродированный – водораздельное плато, среднеэродированный чернозем – склон южной экспозиции.

Для определения агрохимической характеристики почвы использовались следующие ГОСТы: подвижная медь (ГОСТ 50683-94), подвижный марганец (ГОСТ Р 50682-94), подвижный цинк (ГОСТ 50686-94). Величина кислотности (рН) (ГОСТ 26483-85), содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91), гидролитическая кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91), сумма поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88). Все почвенные показатели определяли в пахотном слое 0–20 см.

Математическую обработку результатов выполняли с использованием программ Excel.

Объектами исследований являлся микроэлементный состав пахотных почв исследуемой территории и их взаимосвязь с урожайностью сельскохозяйственных культур.

Результаты и их обсуждение. На основании проведенных исследований за изучаемый период времени (2006–2016 гг.) выявлено, что содержание изучаемых микроэлементов (цинк, медь, марганец) изменялось по элементам рельефа. Уровень подвижной меди имел наиболее низкое содержание на склоне северной экспозиции (0,07 мг/кг) и водораздельного плато (0,09 мг/кг). На склоне южной экспозиции содержание подвижной меди имело небольшую тенденцию к увеличению (0,10 мг/кг). Наибольшее содержание подвижного цинка отмечено на водораздельном плато (0,13 мг/кг), наименьшее – на южном склоне (0,06 мг/кг). Содержание марганца на территории водораздельного плато было выше в сравнении со склонами полярных экспозиций – 17 мг/кг, северный склон – 10,8 мг/кг, южный – 8,0 мг/кг (см. рисунок). В целом установлено, что по содержанию микроэлементов вся изучаемая территория относится к категории низкообеспеченной.



Содержание микроэлементов на различных экспозициях рельефа, мг/кг
The content of microelements on various relief exposures, mg/kg

Известно, что содержание микроэлементов в почвах подчинено ряду закономерностей и зависит от множества факторов. К ним относится содержание микроэлементов в материнской породе (чем больше обеспечена микроэлементами горная порода, тем больше их в почвах). Различные по своему составу почвы содержат разное количество микроэлементов. Так, почвы с высоким уровнем содержания физической глины являются более обеспеченными микроэлементами, чем пески и супеси. Кислотность почв и обеспеченность органическим веществом также накладывают свой отпечаток на уровень содержания микроэлементов. Почвы с реакцией среды близкой к нейтральной или нейтральной имеют в своем составе больше микроэлементов. Почвы с повышенным содержанием гумуса преимущественно и микроэлементами обеспечены больше. Это объясняется тем, что гумусовые вещества способны поглощать ионы микро-

элементов из окружающей среды, наряду с этим в растительных и животных остатках находится значительное количество микроэлементов. Содержание в почве макроэлементов также способно оказывать влияние на уровень микроэлементного состава почв.

Нами проведены исследования по вопросу влияния различных факторов на содержание микроэлементов в почвах изучаемой территории. Полученные данные представлены в таблице 1.

Проведенные исследования указывают на то, что на склоне северной экспозиции отмечена наиболее существенная связь содержания микроэлементов с кислотностью почв (рН). Уровень тесноты полученных связей различный – с подвижной медью и цинком связь средняя положительная ($r = 0,66 \pm 0,06$), ($r = 0,64 \pm 0,09$), с марганцем – тесная положительная ($r = 0,74 \pm 0,09$).

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между содержанием в почве микроэлементов и изучаемыми факторами по элементам рельефа
Table 1. Correlation coefficients between the content of microelements in soil and the studied factors according to relief elements

Показатели	Северный склон			Водораздел			Южный склон		
	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn
Гумус	0,60	0,49	0,51	0,44	0,57	0,38	0,38	0,31	0,50
pH _(КС)	0,66	0,64	0,71	0,45	0,66	0,53	0,46	0,65	0,75
N щ.г.	0,35	0,58	0,67	0,40	0,15	0,32	0,58	0,65	0,25
P ₂ O ₅	0,29	0,30	0,20	0,32	0,10	0,30	0,10	0,28	0,12

Примечание. N щ.г. – азот щелочногидролизуемый, мг/100 г почвы.

Связь микроэлементов с органическим веществом почвы варьирует от слабой до средней. Наблюдается наиболее заметная связь меди с гумусом ($r = 0,60 \pm 0,09$). Связь с макроэлементами слабая положительная (табл. 1). На водораздельном плато наблюдается средняя положительная связь подвижных форм меди и марганца с органическим веществом и кислотностью почвы. На территории южного склона можно отметить высокую связь кислотности почвы с марганцем ($r = 0,75 \pm 0,09$), среднюю с цинком ($r = 0,65 \pm 0,09$). Также средняя положительная связь отмечена между содержанием азота и цинком ($r = 0,65 \pm 0,09$), связь с фосфором слабая.

Проведенный корреляционный анализ связи экспозиции рельефа (склона) с содержанием изучаемых микроэлементов дал следующие результаты.

Тесная положительная связь отмечена между содержанием подвижной меди и экспозицией склона ($r = 0,84 \pm 0,05$), связь с марганцем средняя ($r = 0,62 \pm 0,07$), связь цинка с экспозицией рельефа высокая положительная ($r = 0,77 \pm 0,09$).

Получение хорошего урожая является важнейшей целью сельскохозяйственной деятельности, которая связана с возделыванием растений. Получение стабильного и высокого урожая – это результат множества факторов: свойств почвы, правильного выбора сортов растений, ухода за посевами, оптимального применения технологий при возделывании культур и др. (Митрофанов, 2017). Немаловажную роль в формировании высокого урожая играют микроэлементы.

Влияние микроэлементного состава почв на урожайность культур устанавливалось с помощью регрессионного анализа. Полученные уравнения зависимости урожайности сельскохозяйственных культур по элементам рельефа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Регрессионные уравнения зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от микроэлементного состава почв
Table 2. Regression equations for the dependence of grain crop productivity upon soil microelement composition

Элемент рельефа	Уравнение регрессии	R%
Северный склон	У ячменя = $2,53 + 31,28 \cdot X_1$	50,23
	У оз. пшеницы = $35,48 - 0,15 \cdot X_2 + 28,22 \cdot X_1$	68,20
Водораздельное плато	У ячменя = $2,22 + 50,28 \cdot X_1 + 0,52 \cdot X_2$	52,28
	У оз. пшеницы = $42,32 + 0,42 \cdot X_2$	77,12
Южный склон	У ячменя = $2,62 + 20,22 \cdot X_2 + 0,48 \cdot X_1$	64,20
	У оз. пшеницы = $28,23 + 3,46 \cdot X_1 + 0,55 \cdot X_2$	60,10

Примечание. У – урожайность культуры, ц/га; X_1 – содержание цинка в почве, мг/кг; X_2 – содержание марганца в почве, мг/кг.

Полученные данные указывают на то, что на склоне северной экспозиции урожайность ячменя в большей степени зависит от содержания подвижных цинка и марганца в почве. С увеличением содержания элементов растёт урожайность ячменя. На водораздельном плато и южном склоне на урожайность ячменя в большей степени оказывают влияние как содержание подвижного марганца в почвах, так и содержание подвижного цинка.

Урожайность озимой пшеницы на склоне северной экспозиции имела существенную зависимость от содержания марганца. На водораздельном плато и склоне южной экспозиции

урожайность культуры зависела от содержания подвижных цинка и марганца.

Выводы. Проведенные исследования указывают на то, что рельеф является одним из существенных факторов, влияющих на содержание микроэлементов в почве. На различных элементах рельефа наблюдается разное содержание подвижных микроэлементов в почвах.

За изучаемый промежуток времени (10 лет) наибольшим содержанием цинка отличались почвы водораздельного плато и северного склона (0,13 мг/кг; 0,9 мг/кг соответственно), склон южной экспозиции был менее обеспечен данным микроэлементом (0,06 мг/кг). Более вы-

сокое содержание марганца отмечено в почвах водораздельного плато (17 мг/кг), по содержанию подвижной меди выигрывал южный склон (0,10 мг/кг). Изменчивость микроэлементного состава на различных элементах рельефа определена многими факторами: природными условиями почвообразования, содержанием органического вещества, уровнем кислотности, антропогенным воздействием.

Результаты проведенных исследований показывают, что микроэлементы оказывают существенное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Об этом свидетельствуют полученные высокие значения коэффициентов детерминации.

При возделывании сельскохозяйственных культур на склонах полярных экспозиций необходимо учитывать неоднородность плодородия почв.

Библиографические ссылки

1. Борисова Т. Г. Эффективность применения и востребованность регуляторов роста Циркона, Эпина-Экстра и микроудобрений в технологии выращивания зерновых культур // Зерновое хозяйство России. 2017. № 49(1). С. 70–72.
2. Гасанов Г. Н., Арсланов М. А. О системах содержания почв вирригационных агроландшафтах и их классификации // Земледелие. 2017. № 1. С. 21–24.
3. Глазунов Г. П., Афонченко Н. В., Золотухин А. Н. Пространственная неоднородность показателей плодородия черноземных почв в склоновых агроландшафтах ЦЧР // Земледелие. 2021. № 7. С. 3–9. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-7-3-9.
4. Дрепа Е. Б., Пшеничный Р. Н., Пономаренко М. В. и др. Роль стимулятора роста и микроудобрений в формировании продуктивности озимой пшеницы в засушливых условиях // Земледелие. 2021. № 3. С. 23–26. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10305.
5. Зыкова И. Д., Ефремов А. А., Герасимов В. С., Лешок А. А. Особенности накопления макро- и микроэлементов в надземной части *Filipendula Ulmaria* (L) Maxim в разные фенологические фазы // Химия растительного сырья. 2013. № 2. С. 189–193. DOI: 10.14258/jcprm.1302189.
6. Какушкина М. А., Куликова Я. А., Алексахина Е. С., Боровикова О. В. Природно-исторические и экономические предпосылки формирования агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2022. № 2(89). С. 52–57. DOI: 10.37493/2307-907X.2022.2.7.
7. Лукин С. В., Куницын Д. А., Пироженов В. В., Сискевич Ю. И., Бадин А. Е. Мониторинг содержания серы и микроэлементов в почвах Центрально-Черноземного района России // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 1. С. 4–7. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_1_4.
8. Митрофанов Д. В. Повышение плодородия почвы и пути его сбережения на черноземах южных оренбургского Предуралья // Известия ОГАУ. 2017. № 37(1). С. 27–30.
9. Павловская Н. Е., Бородин Д. Б., Гагарина И. Н. Исследование влияния микроудобрения «нанокремний» и нового биопрепарата на рост и развитие ячменя // Вестник аграрной науки. 2019. № 1(76). С. 37–43. <http://dx.doi.org/10.15217/48484>.
10. Петрова М. В., Толорая Т. Р. Влияние предпосевной обработки семян протравителями и комплексными водорастворимыми удобрениями на продуктивность кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2017. № 49(1). С. 66–70.
11. Рагимов А. О. Влияние рельефа на распределение агрохимических свойств дерново-подзолистей почвы: сб. статей «Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса». Т. 2. Суздаль-Иваново, изд-во: ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ». 2020. С. 43–46.
12. Стифеев А. И., Бессонова Е. А., Никитина О. В., Лукьянов В. А., Судженко Е. Н. Состояние почв Российской Федерации и основные направления стабилизации и повышения их плодородия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1. С. 1–3.
13. Azarenko Yu. A. Assessing the Fund of Strongly Bound and Mobile Forms of Zinc in the soils of agrocenoses in the forest-steppe and steppe zones of the Omsk Irtysh Land // Annals of Biology. 2019. Vol. 35(1), P. 67–72. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10203.

References

1. Borisova T. G. Effektivnost' primeneniya i vostrebovannost' regulyatorov rosta Tsirkona, Epina-Ekstra i mikroudobrenii v tekhnologii vyrashchivaniya zernovykh kul'tur [Efficiency of application and demand for growth regulators 'Zircon', 'Epina-Extra' and microfertilizers in the cultivation technology of grain crops] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 49(1). С. 70–72.
2. Gasanov G. N., Arslanov M. A. O sistemakh soderzhaniya pochv v irrigatsionnykh agrolandshaftakh i ikh klassifikatsii [Soil maintenance systems in irrigated agrolandscapes and their classification] // Zemledelie. 2017. № 1. С. 21–24.
3. Glazunov G. P., Afonchenko N. V., Zolotukhin A. N. Prostranstvennaya neodnorodnost' pokazatelei plodorodiya chernozemnykh pochv v sklonovykh agrolandshaftakh TsChR [Spatial heterogeneity of blackearth fertility indicators in slope agricultural landscapes of the Central Blackearth Region] // Zemledelie. 2021. № 7. С. 3–9. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-7-3-9.
4. Drepa E. B., Pshenichnyi R. N., Ponomarenko M. V. i dr. Rol' stimulyatora rosta i mikroudobrenii v formirovanii produktivnosti ozimoi pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh [The role of a growth stimulator and microfertilizers in the formation of winter wheat productivity in arid conditions] // Zemledelie. 2021. № 3. С. 23–26. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10305.
5. Zykova I. D., Efremov A. A., Gerasimov V. S., Leshok A. A. Osobennosti nakopleniya makro- i mikroelementov v nadzemnoi chasti *Filipendula Ulmaria* (L) Makhim v raznye fenologicheskie fazy [Features of the accumulation of macro- and microelements in the aerial part of *Filipendula Ulmaria* (L)]

Maxim in different phenological phases] // *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2013. № 2. S. 189–193. DOI: 10.14258/jcprm.1302189.

6. Kakushkina M.A., Kulikova Ya. A., Aleksashina E. S., Borovikova O.V. Prirodno – istoricheskie i ekonomicheskie predposylki formirovaniya agropromyshlennogo kompleksa Tsentral'no-Chernozemnogo raiona [Natural and historical, and economic prerequisites for the formation of the agro-industrial complex of the Central – Blackearth region] // *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta*. 2022. № 2(89). S. 52–57. DOI: 10.37493/2307-907X.2022.2.7.

7. Lukin S.V., Kunitsin D.A., Pirozhenko V.V., Siskevich Yu. I., Badin A.E. Monitoring sodержaniya sery i mikroelementov v pochvakh Tsentral'no-Chernozemnogo raiona Rossii [Monitoring of the content of sulfur and microelements in the soil of the Central Blackearth region of Russia] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2022. T. 36, № 1. S. 4–7. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_1_4.

8. Mitrofanov, D.V. Povyshenie plodorodiya pochvy i puti ego sberezheniya na chernozemakh yuzhnykh orenburgskogo Predural'ya [Improving soil fertility and ways to save it on the blackearth of the southern Orenburg Pre-Urals] // *Izvestiya OGAU*. 2017. № 37(1). S. 27–30.

9. Pavlovskaya N.E., Borodin D.B., Gagarina I.N. Issledovanie vliyaniya mikroudobreniya «nanokremnii» i novogo biopreparata na rost i razvitie yachmenya [Study of the effect of a microfertilizer “nanosilicon” and a new biological product on barley growth and development] // *Vestnik agrarnoi nauki*. 2019. № 1(76). S. 37–43. <http://dx.doi.org/10.15217/48484>.

10. Petrova M.V., Toloraya T.R. Vliyanie predposevnoi obrabotki semyan protravitel'yami i kompleksnymi vodorastvorimymi udobreniyami na produktivnost' kukuruzy [The effect of pre-sowing treatment of seeds with disinfectants and complex water-soluble fertilizers on maize productivity] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2017. № 49(1). S. 66–70.

11. Ragimov A.O. Vliyanie rel'efa na raspredelenie agrokhimicheskikh svoystv dernovo-podzolistoi pochvy: sbornik statei «Sovremennye tendentsii v nauchnom obespechenii agropromyshlennogo kompleksa» [The effect of a land relief on the distribution of agrochemical properties of soddy-podzolic soil], T. 2. Suzdal'-Ivanovo, izd-vo: FGBNU «Verkhnevolzhskii FANTs». 2020. S. 43–46.

12. Stifeev A.I., Bessonova E.A., Nikitina O.V., Luk'yanov V. A., Sudzhenko E.N. Sostoyaniye pochv rossiiskoi Federatsii i osnovnye napravleniya stabilizatsii i povysheniya ikh plodorodiya [The state of the soils of the Russian Federation and the main directions for stabilizing and increasing their fertility] // *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2015. № 1. S. 1–3.

13. Azarenko Yu. A. Assessing the Fund of Strongly Bound and Mobile Forms of Zinc in the soils of agrocenoses in the forest-steppe and steppe zones of the Omsk Irtysh Land // *Annals of Biology*. 2019. Vol. 35(1), P. 67–72. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10203.

Поступила: 12.04.23; доработана после рецензирования: 18.05.23; принята к публикации: 19.05.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное право и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Митрохина О. А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. В. Попова, старший научный сотрудник селекционно-технологического центра по картофелю, galina_popova2019@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5002-8840;

Ф. Ф. Пуздря, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник селекционно-технологического центра по картофелю, ORCID ID: 0000-0001-5064-8321;

А. В. Боженков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник селекционно-технологического центра по картофелю, ORCID ID: 0000-0003-0474-1319;

С. А. Круглова, старший научный сотрудник селекционно-технологического центра по картофелю, ORCID ID: 0000-0001-6070-9060;

Т. М. Морозова, научный сотрудник селекционно-технологического центра по картофелю, ORCID ID: 0000-0002-5924-0143

*Костромской НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А. Г. Лорха»,
156543, Костромская обл., Костромской р-н, с. Минское, ул. Кукалевского, д. 18;
e-mail: kniish.dir@mail.ru*

Укрепление кормовой базы является важной задачей для успешного развития животноводства Костромской области, и основная роль в этом принадлежит клеверу луговому. Целью и задачей исследований было выявление зависимости продуктивности зеленой массы клевера от вида и дозы применяемых подкормок, при этом использовались щадящие дозы удобрений и экологичные виды обработки. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на базе Костромского НИИСХ, двухфакторный опыт состоял из 15 вариантов (три фона – Контроль, Озон и «Аквамикс», и 5 вариантов разных доз подкормки) в трех повторениях, площадь одной делянки 6 м². Сорт клевера выбран Солигаличский местный как наиболее приспособленный к почвенно-климатическим условиям области. При проведении исследований обнаружена зависимость эффективности применяемых удобрений от погодных факторов во время вегетации. Так, при благоприятных климатических условиях комплекс «Аквамикс» был эффективен как в предпосевной обработке, так и в виде некорневых подкормок. В вариантах с его применением получено существенное увеличение урожайности зеленой массы и показателей общей продуктивности. Из минеральных подкормок наиболее эффективной была доза удобрений $P_{30}K_{30}$, при увеличении дозы и включении в состав подкормки азота ($N_{30}P_{45}K_{90}$) урожайность и качество зеленой массы снижались в основном из-за полегания травостоя. В неблагоприятный период вегетации (летняя засуха) микроэлементы не повлияли на урожайность и качество кормовой массы, эффективными были лишь подкормки минеральными удобрениями, причем наибольший результат по всем показателям получен при повышенной дозе и полном составе подкормки ($N_{30}P_{45}K_{90}$). Озонирование семян было эффективным при любых погодных условиях. Лучший результат в благоприятный год получен в варианте озон + $P_{30}K_{30}$ (+43,8 т/га зеленой массы, или 153 %), в неблагоприятный год – озон + $N_{30}P_{45}K_{90}$ (+16,1 т/га, или 111 %). Дозу минеральной подкормки необходимо корректировать в зависимости от погодных условий конкретного вегетационного периода.

Ключевые слова: клевер луговой, Аквамикс, озон, минеральные удобрения, погодные условия, продуктивность.

Для цитирования: Попова Г. В., Пуздря Ф. Ф., Боженков А. В., Круглова С. А., Морозова Т. М. Влияние погодных факторов на эффективность макро- и микроудобрений при выращивании клевера лугового в условиях Костромской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 84–90. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-84-90.



THE EFFECT OF WEATHER FACTORS ON THE EFFICIENCY OF MACRO- AND MICROFERTILIZERS FOR THE RED CLOVER CULTIVATION IN THE CONDITIONS OF THE KOSTROMA REGION

G. V. Popova, senior researcher the Center for potato breeding and technologies, galina_popova2019@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5002-8840;

F. F. Puzdrya, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher the Center for potato breeding and technologies, ORCID ID: 0000-0001-5064-8321;

A. V. Bazhenkov, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, ORCID ID: 0000-0003-0474-1319;

S. A. Kruglova, senior researcher the Center for potato breeding and technologies, ORCID ID: 0000-0001-6070-9060;

T. M. Morozova, researcher the Center for potato breeding and technologies, ORCID ID: 0000-0002-5924-0143

*Kostroma Research Institute of Agriculture,
branch of the FSBSI "Federal Research Center of potato named after A. G. Lorkh",
156543, Kostroma region, Kostroma district, v. of Minskoe, Kukalevsky Str., 18; e-mail: kniish.dir@mail.ru*

Strengthening the forage base is an important task for the successful development of animal husbandry in the Kostroma region, and the main role in this belongs to red clover. The purpose of the current study was to identify the dependence of the productivity of clover green mass on the type and dose of top dressing, when using sparing doses of fertilizers and environmentally friendly types of processing. The study was carried out on the basis of the Kostroma Research Institute of Agriculture in 2020–2022. The two-factor trial consisted of 15 options (three backgrounds – Control, Ozone and “Aquamix”, and 5 options for different doses of top dressing) in three sequences, the area of one plot was 6 m². There was taken the clover variety ‘Soligalichesky mestny’ as the most adapted to the soil and climatic conditions of the region. During the study, there was found a dependence of the efficiency of the applied fertilizers on weather factors during the vegetation period. Thus, under favorable climatic conditions, the complex “Aquamix” was effective both in pre-sowing treatment and in the form of foliar top dressing. In the variants with its use, there was obtained a significant improvement of green mass productivity and general productivity indicators. The P₃₀K₃₀ dose was the most effective among all mineral top dressings. When increasing the dose and introducing nitrogen (N₃₀P₄₅K₉₀) in the top dressing, productivity and quality of the green mass decreased mainly due to grass lodging. During the unfavorable vegetation period (summer drought), microelements did not affect forage mass productivity and quality. Only top dressing with mineral fertilizers was effective, and the best result was obtained with a higher dose and the full composition of top dressing (N₃₀P₄₅K₉₀). Seed ozonation was effective under all weather conditions. The best result in a favorable year was obtained in the variant Ozone + P₃₀K₃₀ (+43.8 t/ha of green mass, or 153 %), in an unfavorable year it was Ozone + N₃₀P₄₅K₉₀ (+16.1 t/ha, or 111 %). The dose of mineral top dressing ought to be adjusted depending on the weather conditions of a particular vegetation period.

Keywords: red clover, Aquamix, ozone, mineral fertilizers, weather conditions, productivity.

Введение. В Костромской области приоритетным направлением является мясомолочное скотоводство, поэтому вопрос о совершенствовании и укреплении кормовой базы, основу которой составляют многолетние травы, является актуальным. По данным областной статистики за 2019 г. площадь под многолетними травами составляла 80600 га, это 65 % в структуре посевных площадей, но культура земледелия при этом остается очень низкой, что влияет на урожайность и качество кормовой массы. Внесение минеральных удобрений применяется лишь на 18–19 % общей площади кормовых культур в дозах, не превышающих 11–12 кг/га действующего вещества (Боженков, 2022). В этих условиях необходим поиск альтернативных путей и способов получения высоких урожаев кормовых культур с минимальными затратами материальных ресурсов (Kosolapova et al., 2016; Thorsted et al., 2002).

Одним из эффективных способов увеличения урожайности является повышение посевных качеств семян стимуляцией ростовых процессов и обеззараживанием их от возбудителей болезней.

Нетрадиционным, но эффективным способом является озонирование семенного материала. По результатам исследований, это одна из самых полезных процедур, влияющая на увеличение урожайности. Газ озон оказывает комплексное воздействие на семена: активизирует биохимические процессы, оказывает антисептическое действие, технология обработки проста и экологически безопасна (Баскаков, 2016; Гаврилова и др., 2015; Сорокин и Морозова, 2019).

Известно, что клевер луговой является культурой фосфорно-калийного питания, азот же нужен растениям в большей степени лишь в начальный период роста. Также клевер требователен к наличию микроэлементов при формировании урожая, особенно к бору и молибдену (Босак, 2001).

На основании этого препарат «Аквамикс» (Буйский химзавод) идеально подходит как опытный вариант для поставленных це-

лей. В состав этого комплекса микроудобрений входят самые необходимые растениям элементы – молибден, бор, железо, марганец, цинк и медь, представленные в легкодоступной форме хелатов. Выпускают две марки удобрения: Аквамикс-Т для предпосевной обработки семян, и Аквамикс-ТВ для некорневых подкормок в период вегетации ([URL: www.bhz.ru](http://www.bhz.ru)).

В последние двадцать лет отмечена тенденция к потеплению климата во многих регионах России, что привело к повышению температуры воздуха и учащению повторяемости жарких периодов и других погодных аномалий (Зезин и др., 2020; Staniak, 2019).

Костромская область также находится в зоне рискованного земледелия по климатическим особенностям, ее отличает непостоянство погодных факторов, невозможность прогнозирования условий вегетационного периода, и поэтому сложность в подборе системы удобрений и агротехнических мероприятий. Исходя из этого, объектом исследований был выбран клевер луговой сорта Солигаличский местный как наиболее приспособленный к природным условиям области.

Таким образом, поиск и адаптация оптимальных доз минеральных удобрений в зависимости от погодных условий, а также способы их внесения являются важным звеном при инновационном подходе к решению задачи интенсификации полевого кормопроизводства.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на клевере луговом (*Trifolium pratense* L.) сорта Солигаличский. Это местный кряж, районированный в области с 1983 г., оригинатором которого является ФГБНУ «Костромской НИИСХ». Сорт одноукосный, среднепоздний, отличается высокими показателями урожайности зеленой массы за один укос и хорошей приспособленностью к местным почвенно-климатическим условиям.

Целью и основной задачей работы являлась зависимость урожайности и качества зеленой массы клевера от вида и дозы применяемых предпосевных обработок и подкормок.

Опыт был заложен двухфакторный (табл. 1), общей площадью 360 м², площадь одной делянки – 6 м², повторность трехкратная.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Scheme of the trial

№ варианта	Год жизни клевера	
	I год (фактор А)	II год (фактор Б)
1	Контроль	Контроль
2		Аквамикс-ТВ
3		Аквамикс-ТВ + P ₃₀ K ₃₀
4		P ₃₀ K ₃₀
5		N ₃₀ P ₄₅ K ₉₀
6	Аквамикс	Контроль
7		Аквамикс-ТВ
8		Аквамикс-ТВ + P ₃₀ K ₃₀
9		P ₃₀ K ₃₀
10		N ₃₀ P ₄₅ K ₉₀
11	Озон	Контроль
12		Аквамикс-ТВ
13		Аквамикс-ТВ + P ₃₀ K ₃₀
14		P ₃₀ K ₃₀
15		N ₃₀ P ₄₅ K ₉₀

Так как клевер луговой является многолетней культурой, схема опыта двухступенчатая: в первый год – предпосевная обработка семян, во второй год – весенние подкормки. С 1 по 5 варианты – фон Контроль, без предпосевной обработки семян; с 6 по 10 варианты – фон с предпосевной обработкой семян комплексом Аквамикс-Т (фон Аквамикс); с 11 по 15 варианты – фон с предпосевным озонированием семян (фон Озон). Подкормки проводили в фазу весеннего отрастания растений 2-го года жизни. В этом качестве использовали: микроэлементный комплекс Аквамикс-ТВ в дозе 150 г/га, минеральные удобрения в дозах P₃₀K₃₀ и N₃₀P₄₅K₉₀, а также доза P₃₀K₃₀ в сочетании с Аквамикс-ТВ. Применяемые удобрения – аммиачная селитра, суперфосфат двойной и сульфат калия. Дозы удобрений подбирали с учетом возможностей большинства сельскохозяйственных организаций области.

Озонирование семян проводили озоно-воздушным потоком в дозе 5–10 мг/м³ с экспозицией 15 мин. Данный вариант выбран нами на основании исследований, проводимых в ФГБНУ «Костромской НИИСХ» в 2015–2018 гг. (Сорокин и др., 2019). Обработку семян комплексом микроудобрений проводили за 3 дня до посева путем их опрыскивания свежеприготовленным раствором Аквамикс-Т в дозе 40 г/т.

Почва опытного участка – дерново-подзолистый легкий суглинок, он имеет: рН солевой вытяжки (потенциометрически) – 5,1 ед, гидролитическая кислотность (по Каппену), Нг – 4,1 Мг/экв. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований (по Каппену–Гильковицу), S – 6,18 мг/экв. на 100 г почвы, содержание подвижного фосфора P₂O₅ – 247 мг/кг почвы, обменного калия K₂O – 92 мг/кг почвы (согласно ГОСТ Р 54650-2011), содержание гумуса в пахотном слое (по Тюрину) – 1,23 %. В целом по пока-

зателям почва слабокультуренная, с низким содержанием гумуса, средним содержанием калия и высоким – фосфора.

Обработка участка состояла из зяблевой вспашки, дискования в 2 следа с последующей культивацией и предпосевного прикатывания. Норма высева, с учетом посевной годности, составила 15 кг/га. Посев проводили беспокровно, рядовым способом с шириной междурядий 14 см.

Учеты и наблюдения выполнены согласно «Методике полевого опыта» Б.А. Доспехова (2014) и «Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами». Зеленую массу клевера 2-го года жизни (I г.п.) учитывали в фазу «конец бутонизации–начало цветения» методом метровок. Качество массы определяли согласно ГОСТ и «Методическим указаниям по оценке качества и питательности кормов» по следующим показателям: содержание абсолютно сухого вещества в зеленой массе клевера (ГОСТ 31640-2012), содержание сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), обменной энергии и кормовых единиц в 1 кг сухой массы. Также была рассчитана питательная продуктивность клевера. Математическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программы Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. За годы исследований было отмечено влияние погодных факторов на эффективность применяемых в опыте удобрений, что отразилось на урожайности и качестве кормовой массы.

Начало исследований, 2020 г., был благоприятным для выращивания клевера. Теплая малоснежная зима, раннее весеннее отрастание и мощный заряд влаги в мае с последующим теплым сухим периодом благоприятно сказались на развитии клевера, наращивании вегетативной массы и получении ее высокой урожайности.

Следующие годы исследований отличались сложными, временами экстремальными условиями. В 2021 г. при морозной и многоснежной зиме (средняя температура ниже многолетних значений на 7 °С, количество осадков 178 % нормы) перезимовка клевера прошла благополучно. Но избыточное переувлажнение в апреле (190 % нормы, ГТК = 19,6), сменилось засухой первых летних месяцев, когда температура воздуха превышала норму на 4 °С, рекордный показатель был на отметке 34,5 °С. ГТК стремился или был равен нулю. Этот засушливый период совпал с фазами активного роста растений, набора клевером зеленой массы, что повлияло на урожайность и качество продукции.

В 2022 г. из-за плохой перезимовки во время теплой и снежной зимы, когда средняя температура февраля превышала многолетние значения на 7 °С, а высота снежного покрова достигала 1 м, произошло сильное выпревание клевера, процент перезимовки составил лишь 20–25 %. Последующие условия также были неблагоприятными. Холодные апрель и май

с избыточным увлажнением (ГТК = 6,6), задержавшими отрастание растений, сменились засухой с высокими температурами (ГТК = 0–0,5). Развитие клевера шло с отставанием на 1–2 недели. В фазу активного роста, стеблевание, показатели ГТК доходили до нулевых значений. По данным В.В. Лапы (Беларусь) месяцы с ГТК от 1,0 до 1,3 относятся к слабозасушливым, с ГТК от 1,0 до 0,8 – к засушливым, а с ГТК от 1,3 до 1,6 – к оптимальным. В таких условиях засухи биологическое старение растений происходило быстрее, чем обычно. Энергия

роста и запасы питательных веществ были направлены на образование генеративных органов, а не на наращивание вегетативной массы, что отрицательно сказалось на общей продуктивности. В 2022 г. получена минимальная урожайность за все годы исследований.

В фазу «буτονизация – начало цветения» были взяты образцы биомассы для определения опытных показателей. Важнейшими из них являются урожайность зеленой массы, а также сбор сухого вещества с 1 га (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность зеленой массы и сухого вещества, т/га
Table 2. Productivity of green mass and dry matter, t/ha

Фон	Вариант	Зеленая масса, т/га			Сухое вещество, т/га		
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	Контроль	28,6	23,1	5,8	6,4	5,7	1,5
	Аквамикс-ТВ	33,0	25,4	8,3	6,8	6,8	1,8
	Аквамикс-ТВ+ P ₃₀ K ₃₀	56,4	31,4	11,0	11,1	7,4	2,5
	P ₃₀ K ₃₀	62,0	33,0	11,4	11,9	7,6	2,7
	N ₃₀ P ₄₅ K ₉₀	57,2	36,6	13,1	11,1	8,2	3,3
Аквамикс-Т	Контроль	50,8	24,9	8,0	11,3	5,9	2,1
	Аквамикс-ТВ	66,0	26,0	9,8	14,3	5,5	2,4
	Аквамикс-ТВ+ P ₃₀ K ₃₀	55,2	33,5	12,0	12,0	6,9	3,1
	P ₃₀ K ₃₀	67,6	36,9	12,6	13,2	7,3	3,3
	N ₃₀ P ₄₅ K ₉₀	58,4	39,6	13,4	12,0	7,9	3,2
Озон	Контроль	46,0	29,2	13,2	10,5	7,0	3,3
	Аквамикс-ТВ	63,2	30,8	14,2	13,4	6,6	3,7
	Аквамикс-ТВ+ P ₃₀ K ₃₀	59,6	35,5	16,8	12,6	7,8	3,9
	P ₃₀ K ₃₀	72,4	40,1	18,6	13,4	8,7	3,8
	N ₃₀ P ₄₅ K ₉₀	65,2	40,0	21,2	12,9	7,9	4,8
НСП ₀₅		8,3	4,4	2,6	1,2	0,8	0,5

В среднем за годы исследований урожайность зеленой массы составила в 2020 г. 56,1, в 2021 г. – 32,4 и в 2022 г. – 12,7 т/га. Выход сухого вещества находился в прямой зависимости от урожайности зеленой массы и в среднем составлял в 2020 г. 11,5 т/га, в 2021 г. – 7,1 т/га и в 2020 г. – 3,0 т/га.

В благоприятном 2020 г. существенное увеличение урожайности зеленой массы получили в вариантах с использованием минеральных удобрений, а также подкормки Аквамикс-ТВ. Последняя показала результат только при условии предпосевной обработки семян (фоны Аквамикс-Т и Озон). По фону Контроль использование Аквамикс-ТВ было неэффективным. Лучший результат (72,4 т/га зеленой массы, или +153 % к контролю) получили в варианте с применением дозы P₃₀K₃₀ по фону Озон. При увеличении дозы фосфора и калия и включении в состав подкормки азота урожайность массы снижалась. При этом наибольший выход сухого вещества (14,3 т/га, или +123 %) получили в варианте Аквамикс-ТВ по фону Аквамикс-Т. Двойная обработка комплексом микроэлементов способствовала не только повышению урожайности зеленой массы в 2,3 раза, но и увеличению содержания сухого вещества в ней.

В засушливые 2021 и 2022 гг. достоверное увеличение урожайности получили лишь в вариантах с использованием минеральных

удобрений по всем фонам. Микроэлементы при недостатке влаги не оказали существенного влияния на урожайность клевера. Более высокие результаты по зеленой массе, а также выходу сухого вещества отмечены в вариантах с применением полной дозы N₃₀P₄₅K₉₀ по фону Озон (40 т/га в 2021 г. и 21 т/га в 2022 г.).

Чтобы оценить влияние опытных факторов при разных погодных условиях, был проведен анализ полученных данных по основным показателям продуктивности и ценности корма, таким как содержание в сухой массе сырого протеина, обменной энергии и кормовых единиц, полученных с 1 га (табл. 2.1 и 2.2).

При нормальных условиях вегетационного периода (2020 г.) предпосевная обработка комплексом Аквамикс-Т и озонирование семян (фактор А) были эффективны, они существенно повлияли на увеличение урожайности зеленой массы и общую продуктивность клевера по всем показателям в отличие от засушливых условий 2021–2022 годов. При недостатке влаги достоверное увеличение показателей получено только при озонировании семян, действие микроэлементов было неэффективным.

После анализа действия фактора А провели обработку данных по влиянию весенних подкормок (фактор Б) на эти же показатели (табл. 3.1 и 3.2).

Таблица 2.1. Влияние предпосевной обработки семян клевера (фактор А) на продуктивность кормовой массы с 1 га
Table 2.1. Effect of presowing treatment of clover seeds (Factor A) on the productivity of forage mass per 1 ha

Фон	Зеленая масса, т			Сухое вещество, т		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	47,4	30,5	9,9	9,5	7,1	2,5
Аквамикс-Т	59,6	32,1	11,2	12,5	6,7	2,8
Озон	61,3	35,1	16,8	12,6	7,6	3,9
НСП (А)	6,9	2,2	1,7	1,5	0,4	0,7

Таблица 2.2. Влияние предпосевной обработки семян клевера (фактор А) на продуктивность кормовой массы с 1 га
Table 2.2. Effect of presowing treatment of clover seeds (Factor A) on the productivity of forage mass per 1 ha

Фон	Сырой протеин, т			Обменная энергия, ГДж			Кормовые единицы, тыс.		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	1,5	0,9	0,4	97,1	72,2	25,65	8,1	6,1	2,1
Аквамикс-Т	1,9	0,9	0,5	129,3	68,3	29,16	10,8	5,7	2,4
Озон	2,2	1,0	0,7	129,5	77,6	40,27	10,9	6,4	3,3
НСП (А)	0,3	0,04	0,1	16,2	6,2	7,3	1,4	0,5	0,6

Таблица 3.1. Влияние подкормки клевера 2-го года жизни (фактор Б) на продуктивность кормовой массы с 1 га
Table 3.1. Effect of top dressing of the 2nd year clover (Factor B) on the productivity of forage mass per 1 ha

Вариант	Зеленая масса, т			Сухое вещество, т		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	41,8	25,7	9,0	9,4	6,2	2,3
Аквамикс-ТВ	54,0	28,5	9,9	11,5	6,3	2,4
Аквамикс-ТВ + P ₃₀ K ₃₀	57,0	33,5	13,3	11,9	7,3	3,1
P ₃₀ K ₃₀	67,3	36,7	14,2	12,8	7,9	3,3
N ₃₀ P ₄₅ K ₉₀	60,3	38,7	15,9	12,0	8,0	3,9
НСП (Б)	8,1	3,2	3,4	1,0	0,5	0,4

Таблица 3.2. Влияние подкормки клевера 2-го года жизни (фактор Б) на продуктивность кормовой массы с 1 га
Table 3.2. Effect of top dressing of the 2nd year clover (Factor B) on the productivity of forage mass per 1 ha

Фон	Сырой протеин, т			Обменная энергия, ГДж			Кормовые единицы, тыс.		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	1,2	0,7	0,4	96,4	62,5	24,0	8,1	5,3	2,0
Аквамикс-ТВ	1,7	0,7	0,5	118,1	64,5	28,8	9,8	5,3	2,4
Аквамикс-ТВ + P ₃₀ K ₃₀	2,0	1,0	0,5	122,6	74,5	31,9	10,3	6,2	2,6
P ₃₀ K ₃₀	2,4	1,1	0,6	132,6	80,6	33,8	11,1	6,7	2,8
N ₃₀ P ₄₅ K ₉₀	2,0	1,0	0,7	123,5	80,4	40,0	10,4	6,7	3,3
НСП (Б)	0,4	0,1	0,2	11,3	4,2	5,8	0,9	0,1	0,6

В благоприятный год из рассмотренных вариантов подкормки все оказали положительное влияние на развитие клевера, везде отмечена достоверная прибавка урожайности по основным показателям по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшее увеличение было в вариантах с использованием минеральных удобрений. При этом отмечено, что в варианте с дозой N₃₀P₄₅K₉₀ урожайность всех показателей несколько снижалась по сравнению с вариантом P₃₀K₃₀, несмотря на увеличение дозы удобрений. Происходило это в основном из-за полегания клевера, так как дополнительное питание и включение в подкормку азота в данном случае было лишним. Вариант с некорневой подкормкой Аквамикс-ТВ был

результативен, но в меньшей степени, чем минеральные удобрения. Вариант Аквамикс-ТВ + P₃₀K₃₀ не показал ожидаемого суммирующего эффекта, более действенными были минеральные удобрения в чистом виде.

В засушливые 2021–2022 гг. эффективность подкормок отличалась от предыдущего года. Некорневая обработка Аквамикс-ТВ была нерезультативной, увеличение урожайности всех показателей здесь было недостоверным. Хорошие результаты отмечены в вариантах с применением минеральных удобрений, при этом увеличение дозы фосфора и калия и включение в состав подкормки азота (вариант N₃₀P₄₅K₉₀) не было лишним, в этом варианте получена самая большая прибавка по срав-

нению с контролем. В целом же урожайность клевера в засушливые годы была очень низкой и вместе с низким качеством сухой массы общая продуктивность была на 54–64 % ниже показателей благоприятного 2020 года.

Выводы. Таким образом, на основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

Предпосевная обработка семян микроэлементами (Аквамикс-Т) эффективна в благоприятный год при достаточном количестве влаги, когда растения могут использовать доступные питательные вещества из почвы.

Озонирование семян стало эффективным приемом за счет усиления энергии роста, увеличении высоты растений, площади листьев и, соответственно, высокого урожая зеленой массы и общей продуктивности культуры как в благоприятных, так и в засушливых условиях вегетационного периода.

Эффективность подкормок также различна по погодным условиям. В благоприятный год

растения положительно отзываются (в разной степени) на макро- и микроудобрения, но повышение дозы приводит к полеганию травостоя, снижению урожайности и качества кормовой массы.

В засушливые сезоны при недостатке влаги растворенные в почве макроэлементы (азот, фосфор, калий) становятся труднодоступными для растений, клубеньковые бактерии находятся в подавленном состоянии и не могут активно синтезировать азот. В этом случае подкормки являются единственной возможностью получать некоторое количество основных питательных веществ, необходимых для развития вегетативной массы, и включение в подкормку азота и увеличение дозы фосфора и калия на легких дерново-подзолистых почвах Костромской области будет целесообразным и эффективным приемом для повышения урожайности зеленой массы клевера в сложный вегетационный период.

Библиографические ссылки

1. «Аквамикс» – концентрированное микроудобрение: «Буйский химический завод» [Электронный ресурс]. URL: www.bhz.ru (дата обращения: 14.02.2023).
2. Баскаков И. В. Применение процесса озонирования в сельском хозяйстве // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 3(50). С. 120–125. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.3.120.
3. Боженков А. В. Влияние макро- и микроудобрений, их сочетаний на урожайность и качество зеленой массы клевера лугового в условиях неблагоприятного засушливого и благоприятного влажного годов в Костромской области. Кормопроизводство. 2022. № 3. С. 16–20. DOI: 10.25685/KRM.2022.3.2022.002.
4. Босак В. Н. Влияние удобрений на продуктивность и качество клевера лугового // Кормопроизводство. 2001. № 5. С. 25–26.
5. Гаврилова А. А., Шарабаева О. А., Ткаченко Г. Ю., Чурмасов А. В. Озонирование как физический метод повышения способности семян к прорастанию // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 2. С. 21–23.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп. Стереотип. М.: Альянс, 2014. 352 с.
7. Зезин Н. Н., Постников П. А., Тормозин М. А., Пономарев А. Б. Урожайность клевера лугового в зависимости от агроклиматических условий Среднего Урала // Кормопроизводство. 2020. № 6. С. 20–24. DOI: 10.25685/p4864-8413-2516-n.
8. Сорокин А. Н., Морозова Т. М. Влияние предпосевного озонирования семян на эффективность производства зеленой массы клевера лугового // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 3(47). С. 17–21. DOI: 10.35694/YARCX.2019.47.3.004.
9. Kosolapova A., Yamaltdinova V., Mitrofanova E., Fomin D., Teterlev I. Yields of field crops and sod-podzolic soil fertility of west ural depending on fertilizer system // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2016. Т. 22, № 3. С. 381–385.
10. Staniak M. Changes in yield and nutritive value of red clover (*trifolium pratense* L.) and festulolium (*festulolium braunii* (k. richt) a. camus) under drought stress // Agricultural and Food Science. 2019. Т. 28, № 1. С. 27–34.
11. Thorsted M. D., Olesen J. E., Koefoed N. Effects of white clover cultivars on biomass and yield in oat/clover intercrops // The Journal of Agricultural Science. 2002. Т. 138, № 3. С. 261–267.

References

1. «Akvamiks» – kontsentririrovannoe mikroudobrenie: «Buisikii khimicheskii zavod» [“Aquamix” is a concentrated microfertilizer] [Elektronnyi resurs]. URL: www.bhz.ru (data obrashcheniya: 14.02.2023).
2. Baskakov I. V. Primenenie protsesssa ozonirovaniya v sel'skom khozyaistve [Application of the ozonation process in agriculture] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 3(50). S. 120–125. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.3.120.
3. Bozhenkov A. V. Vliyanie makro- i mikroudobrenii, ikh sochetanii na urozhainost' i kachestvo zelenoi massy klevera lugovogo v usloviyakh neblagopriyatnogo zasushlivogo i blagopriyatnogo vlazhnogo godov v kostromskoi oblasti. Kormoproizvodstvo [The effect of macro- and microfertilizers, their combinations on productivity and quality of green mass of red clover under the conditions of unfavorable dry and favorable wet years in the Kostroma region]. 2022. № 3. S. 16–20. DOI: 10.25685/KRM.2022.3.2022.002.
4. Bosak V. N. Vliyanie udobrenii na produktivnost' i kachestvo klevera lugovogo [The effect of fertilizers on red clover productivity and quality] // Kormoproizvodstvo. 2001. № 5. S. 25–26.

5. Gavrilova A.A., Sharabaeva O.A., Tkachenko G. Yu., Churmasov A. V. Ozonirovanie kak fizicheskiy metod povysheniya sposobnosti semyan k prorastaniyu [Ozonation as a physical method for improving the ability of seeds to germinate] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015. T. 29, № 2. S. 21–23.
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 6-e izd., pererab. i dop. Stereotip. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
7. Zezin N.N., Postnikov P.A., Tormozin M.A., Ponomarev A.B. Urozhainost' klevera lugovogo v zavisimosti ot agroklimaticheskikh uslovii Srednego Urala [Red clover productivity depending on the agro-climatic conditions of the middle Urals] // *Kormoproizvodstvo*. 2020. № 6. S. 20–24. DOI: 10.25685/p4864-8413-2516-n.
8. Sorokin A.N., Morozova T.M. Vliyaniye predposevnogo ozonirovaniya semyan na effektivnost' proizvodstva zelenoi massy klevera lugovogo [The effect of pre-sowing seed ozonation on the efficiency of green mass production of red clover] // *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*, 2019. № 3(47). S. 17–21. DOI: 10.35694/YARCX.2019.47.3.004.
9. Kosolapova A., Yamaltdinova V., Mitrofanova E., Fomin D., Teterlev I. Yields of field crops and sod-podzolic soil fertility of west ural depending on fertilizer system // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2016. T. 22, № 3. С. 381–385.
10. Staniak M. Changes in yield and nutritive value of red clover (*trifolium pratense* L.) and festulolium (*festulolium braunii* (k. richt) a. camus) under drought stress // *Agricultural and Food Science*. 2019. T. 28, № 1. С. 27–34.
11. Thorsted M.D., Olesen J.E., Koefoed N. Effects of white clover cultivars on biomass and yield in oat/clover intercrops // *The Journal of Agricultural Science*. 2002. T. 138, № 3. С. 261–267.

Поступила: 14.03.23; доработана после рецензирования: 15.05.23; принята к публикации: 22.05.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Пуздря Ф.Ф., Боженков А.В. – концептуализация исследования; Попова Г.В. – подготовка и выполнение опыта, сбор и анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Круглова С.А., Морозова Т.М. – сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ПРИЕМОВ АГРОТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЦЧР

И. И. Гуреев, доктор технических наук, заведующий лабораторией севооборотов и адаптивных агротехнологий, gureev06@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5995-3322;

А. В. Гостев, доктор сельскохозяйственных наук, директор, gostev@kurskfarc.ru, ORCID ID: 0000-0001-7043-1525;

Л. Б. Нитченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, Nitchenko58@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8744-6130;

В. А. Лукьянов, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, lukyanov27@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1764-4083;

С. В. Хлюпина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, sveta46agro@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1864-0455;

И. А. Прущик, младший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, kursk.iva@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0002-7737-7397

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Курский федеральный аграрный научный центр»,

305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б; e-mail: kurskfarc@mail.ru

Озимая пшеница является основной зерновой культурой в Центрально-Черноземном регионе. Цель исследований заключалась в оценке влияния приемов основной обработки почвы и доз минеральных удобрений в севооборотах на урожайность, качество зерна и экономическую эффективность производства зерна озимой пшеницы в условиях ЦЧР. Исследования проводили в 2016–2020 гг. на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» на склоне северной экспозиции. Схема опыта содержала севообороты (зернопаропропашной, зернотравяно-пропашной, зернотравяной), приемы основной обработки почвы (вспашка, дискование, безотвальное рыхление), минеральные удобрения (безудобрений, одинарная $N_{20}P_{40}K_{40}$ и двойная $N_{40}P_{80}K_{80}$ дозы). В результате исследований установлено преимущество в урожайности зернопаропропашного севооборота над зернотравяно-пропашным и зернотравяным. Урожайность озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте была ниже в среднем на 10,2 %, в зернотравяном – на 15,8 % по сравнению с зернопаропропашным. Применение приемов минимизации основной обработки почвы способствовало снижению урожайности озимой пшеницы, содержанию клейковины, белка и натуры зерна по сравнению со вспашкой. С внесением минеральных удобрений все показатели качества зерна улучшались. Наиболее высокая урожайность культуры – 4,63 т/га получена в зернопаропропашном севообороте при вспашке почвы с дозой удобрений $N_{40}P_{80}K_{80}$. Расчеты экономической эффективности применяемых технологий показали, что себестоимость зерна более низкая (4,44 тыс. руб./т) при дисковании почвы в зернотравянопропашном севообороте с внесением дозы удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$. При этом прибыль составила 19,85 тыс. руб./га, уровень рентабельности – 125,2 %. В среднем по опыту минимальной себестоимости зерна соответствует доза удобрения $N_{32}P_{64}K_{64}$.

Ключевые слова: озимая пшеница, севооборот, обработка почвы, минеральные удобрения, урожайность, качество зерна, черноземные почвы, экономическая эффективность.

Для цитирования: Гуреев И. И., Гостев А. В., Нитченко Л. Б., Лукьянов В. А., Хлюпина С. В., Прущик И. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при минимизации приемов агротехники в условиях ЦЧР // Зерновое хозяйство. 2023. Т. 15, № 4. С. 91–101. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-91-101.



WINTER WHEAT PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY WHILE MINIMIZING AGRICULTURAL TECHNIQUES IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

I. I. Gureev, Doctor of Technical Sciences, head of the laboratory for crop rotations and adaptive agrotechnologies, gureev06@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5995-3322;

A. V. Gostev, Doctor of Agricultural Sciences, director, gostev@kurskfarc.ru, ORCID ID: 0000-0001-7043-1525;

L. B. Nitchenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the of the laboratory for crop rotations and adaptive agrotechnologies, Nitchenko58@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8744-6130;

V. A. Lukiyanov, Candidate of Biological Sciences, researcher of the of the laboratory for crop rotations and adaptive agrotechnologies, lukyanov27@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1764-4083;

S. V. Khlyupina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the of the laboratory for crop rotations and adaptive agrotechnologies, sveta46agro@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1864-0455;

I. A. Prushchik, junior researcher of the of the laboratory for crop rotations and adaptive agrotechnologies, kursk.iva@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0002-7737-7397

Federal State Budgetary Scientific Institution "Kursk Federal Agricultural Research Center", 305021, Kursk, Karl Marks Str., 70b; e-mail: kurskfarc@mail.ru

Winter wheat is the main grain crop in the Central Blackearth region. The purpose of the current study was to estimate the effect of basic tillage practices and doses of mineral fertilizers in crop rotations on the productivity, grain quality and economic efficiency of winter wheat grain production in the conditions of the Central Blackearth region. The study was carried out on the experimental field of the FSBSI "Kursk FARC" on the slope of the northern exposure in 2016–2020. The scheme of the trial included crop rotations (grain-fallow, grain-grass-fallow, grain-grass), primary tillage methods (plowing, disking, non-moldboard plowing), mineral fertilizers (without fertilizers, single $N_{20}P_{40}K_{40}$ and double $N_{40}P_{80}K_{80}$ doses). As a result of the study, there has been established productivity advantage of the grain-fallow crop rotation over the grain-grass-fallow and grain-grass crop rotation. Winter wheat productivity in the grain-grass crop rotation has decreased on an average of 10.2 %, in the grain-grass it has reduced on 15.8 %, compared with the grain-fallow crop rotation. The minimization of primary tillage methods in most cases has contributed to a decrease of winter wheat productivity, content of gluten, protein, and grain nature weight, compared with plowing. The introduction of mineral fertilizers has contributed to the improvement of all indicators of winter wheat grain quality. The largest yield of 4.63 t/ha was obtained in a grain-fallow crop rotation when plowing the soil with a fertilizer dose of $N_{40}P_{80}K_{80}$. Calculations of the economic efficiency of the applied technologies have shown that the cost price of winter wheat grain was lower (4.44 thousand rubles/t) when disking soil in a grain-grass crop rotation with the application of a fertilizer dose $N_{20}P_{40}K_{40}$. At the same time, the profit has amounted to 19.85 thousand rubles/ha, the level of profitability was 125.2 %. The minimum cost price of winter wheat grain was found in the variant with a fertilizer dose of $N_{32}P_{64}K_{64}$.

Keywords: winter wheat, crop rotation, tillage, mineral fertilizers, productivity, grain quality, blackearth soil, economic efficiency.

Введение. За последние семь лет производство сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации увеличилось на 15 %, а продуктов питания – более чем на 25 %. По основным группам продовольствия внутренний рынок полностью обеспечен продуктами собственного производства, а по отдельным позициям (например, по зерну и подсолнечно-му маслу) спрос покрыт с избытком, в связи с чем возник высокий экспортный потенциал России.

Согласно долгосрочному прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. средняя урожайность зерновых культур в стране должна обеспечить устойчивый валовой сбор зерна на 145–155 млн т и его экспорт на уровне 40–60 млн т в год. Реализация этого прогноза возможна при условии, что на 75 % площади посевов зерновых культур (более 37,5 млн га) сельскохозяйственное производство будет вестись по инновационным ресурсосберегающим технологиям с интенсивным применением удобрений и средств химической мелиорации. С другой стороны, рост урожайности сельскохозяйственных культур должен быть тесно связан с сохранением, восстановлением и повышением плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также их рационального использования при соблюдении технологий производства и обеспечении биологической безопасности территории Российской Федерации (Сычев, 2019; Дубовик и др., 2019).

В настоящее время озимая пшеница является основной экономико-образующей культурой в отрасли земледелия России, которую возделывают на площади более 15 млн га. Себестоимость производства зерна ежегодно увеличивается из-за повышения цен на горюче-смазочные материалы, удобрения, средства защиты растений и т.д., что приводит к снижению рентабельности возделывания озимой пшеницы. Поэтому в производстве полевых культур сельскохозяйственным предприятиям становится актуальным применять ресур-

сосберегающие технологии (Turebayeva et al., 2022; Семенюк и др., 2019).

В соответствии с конкретными почвенно-климатическими условиями необходимо разработать региональные адаптивные технологические приемы, направленные на снижение затрат. Добиться этого возможно путем внедрения в производство энергосберегающих обработок почвы, научно-обоснованных севооборотов и оптимальных доз удобрений (Wozniak and Rachon, 2020).

Обработка почвы направлена в первую очередь на сохранение и накопление влаги, разуплотнение и очистку почвы от вредных организмов (Esaulko et al., 2018). По многочисленным исследованиям, снижению энергетических затрат в 1,5–2 раза, а материальных примерно на 30 % по сравнению с традиционной обработкой способствует минимизация обработок с применением комбинированной почвообрабатывающей техники.

Одним из главных факторов реализации потенциала урожайности озимой пшеницы является оптимизация системы удобрений, которая состоит в синергии на фоне эффективно выстроенных севооборотов. Такой подход позволяет наиболее продуктивно использовать питательные вещества почвы и удобрений с учетом биологических особенностей культур, а также их способности оставлять после себя и накапливать элементы питания в почве. От предшественников в значительной мере зависит наличие влаги в почве, дружность всходов, фитосанитарное состояние, урожайность и качество зерна (Merzlaya et al., 2021).

По современным представлениям, лучший предшественник, способствующий формированию оптимального урожая озимой пшеницы с хорошими показателями качества зерна – черный пар. Но иногда черный пар экономически невыгоден. Установлено (Прокина и Пугаев, 2022), что при возделывании культуры на черноземе обыкновенном лучшими предшественниками озимой пшеницы, помимо черного пара, могут быть бобовые травы – люцерна третьего года пользования, го-

рох, подсолнечник и кукуруза на силос. В этом отношении научно обоснованные севообороты, максимально адаптированные к местным условиям с достаточной долей восстанавливающих почву культур, имеют первостепенное значение в стабилизации ее плодородия.

Цель исследований – оценка влияния обработок почвы, доз минеральных удобрений в севооборотах на урожайность, качество зерна и экономическую эффективность производства зерна озимой пшеницы в условиях ЦЧР.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в 2016–2020 гг. в опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» на склоне северной экспозиции (с. Панино, Курская область, Медвенский район). Схема опыта содержала следующие факторы:

– севооборот (фактор А): зернопаропропашной (озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – кукуруза (*Zéa máys*) на зеленый корм – ячмень (*Hordeum vulgare*) – чистый пар); зернотравянопропашной (озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – кукуруза (*Zéa máys*) на зеленый корм – ячмень (*Hordeum vulgare*) + эспарцетпесчаный (*Onobrychis arenaria*) – эспарцетпесчаный (*Onobrychis arenaria*) первого года пользования; зернотравяной (озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – ячмень (*Hordeum vulgare*) + эспарцетпесчаный (*Onobrychis arenaria*) – эспарцетпесчаный (*Onobrychis arenaria*) первого года пользования – эспарцетпесчаный (*Onobrychis arenaria*) второго года пользования);

– приемы основной обработки почвы (фактор В): вспашка на глубину 20–22 см (МТЗ-1221 + ПНО-4-35), дискование на глубину 8–10 см (МТЗ-82 + АДН-2,5), безотвальное рыхление на глубину 20–22 см (МТЗ-82 + ПБ-4-35);

– минеральные удобрения (фактор С): без удобрений, одинарная ($N_{20}P_{40}K_{40}$) и двойная ($N_{40}P_{80}K_{80}$) дозы.

Опыт заложен методом расщепленных деленок, площадь которых составляла 280 м². Повторность двукратная. Сорт озимой пшеницы Синтетик (оригинатор – ФГБНУ «Белгородский

ФАНЦ РАН»), норма высева семян 5 млн шт./га. Урожайность учитывали методом прямой механизированной уборки. Качество зерна определяли в соответствии со стандартами: содержание клейковины – ГОСТ Р 54478-2011, содержание белка – ГОСТ 10846-91, натура зерна – ГОСТ 10840-64. Статистическую обработку результатов исследований проводили по методике Б. А. Доспехова (2014).

Почва опытного участка – чернозем типичный среднесуглинистый среднегумусный. Исходные характеристики пахотного слоя имели следующие показатели: содержание гумуса – 6,0 % (ГОСТ 26213-91), pH солевой вытяжки – 6,4 (ГОСТ 26483-85), Нг – 3,84 мг-экв. на 100 г почвы (ГОСТ 26212-91), содержание щелочногидролизующего азота – 17,0 мг/100 г (метод Корнфилда), подвижного фосфора – 10,3 мг/100 г (ГОСТ 26204-91), подвижного калия – 8,8 мг/100 г почвы (ГОСТ 26204-91).

Агрометеорологические условия в период посева и осенней вегетации озимой пшеницы по годам исследований характеризовались повышенным температурным режимом и дефицитом осадков. Гидротермические условия (ГТК) по Селянинову с августа по сентябрь были засушливые в 2015 г. (ГТК = 0,80) и очень засушливые в 2019 г. (ГТК = 0,64). Условия осенней вегетации для озимой пшеницы оказались неблагоприятными, растения ушли в зиму слабо развитыми, что впоследствии негативно сказалось на урожайности. В период весенне-летней вегетации культуры гидротермические условия с мая по июль были избыточно увлажненными в 2016 г. (ГТК = 1,60), в 2020 г. (ГТК = 1,70).

Результаты и их обсуждение. Урожайность озимой пшеницы является важным показателем эффективности сельскохозяйственного производства и зависит от применяемых агротехнологий. Анализ полученных экспериментальных данных (табл. 1) показал, что определяющее влияние на урожайность культуры оказали минеральные удобрения – 88,4 %. Доля влияния севооборотов составила 10,0 %, обработок почвы – 1,2 %.

Таблица 1. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки почвы и доз минеральных удобрений в севооборотах (2016–2020 гг.)
Table 1. Winter wheat productivity depending on primary tillage methods and mineral fertilizer doses in crop rotations (2016–2020)

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Уровень минерального питания (фактор С)			
		Урожайность, т/га			
		без удобрений	$N_{20}P_{40}K_{40}$	$N_{40}P_{80}K_{80}$	среднее
Зернопаро- пропашной	Вспашка	2,79	4,17	4,63	3,86
	Дискование	2,60	3,97	4,60	3,72
	Безотвальное рыхление	2,72	3,67	4,55	3,65
	Средняя	2,70	3,94	4,59	3,74
Зернотравяно- пропашной	Вспашка	2,61	3,63	4,28	3,51
	Дискование	2,26	3,57	4,08	3,30
	Безотвальное рыхление	2,21	3,52	4,12	3,28
	Средняя	2,36	3,57	4,16	3,36
Зернотравяной	Вспашка	2,38	3,46	3,82	3,22
	Дискование	2,17	3,42	3,89	3,16
	Безотвальное рыхление	2,13	3,35	3,71	3,06
	Средняя	2,23	3,41	3,81	3,15

Продолжение табл. 1

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Уровень минерального питания (фактор С)			
		Урожайность, т/га			
		без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	среднее
Среднее	Вспашка	2,59	3,75	4,24	3,53
	Дискование	2,34	3,65	4,19	3,39
	Безотвальное рыхление	2,35	3,51	4,13	3,33
	Средняя	2,43	3,64	4,19	3,42
НСП ₀₅ , т/га		A = 0,11; B = 0,11; C = 0,11; AB = 0,20; AC = 0,20; BC = 0,20; ABC = 0,34			
Доля влияния факторов, %		A = 10,0; B = 1,2; C = 88,4; AB = 0; AC = 0,2; BC = 0,1; ABC = 0,1			

Урожайность озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте составила в среднем 3,74 т/га: в зернотравянопропашном – 3,36 т/га, что на 10,2 % ниже среднего; в зернотравяном – 3,15 т/га, или на 15,8% ниже. Различия в урожайности, полученной в изучаемых севооборотах, достоверны на 5-процентном уровне значимости при НСП₀₅ = 0,11 т/га.

Полученные данные сопоставимы с научными работами других авторов, в которых показано преимущество пара по сравнению с непаровыми предшественниками при возделывании озимой пшеницы. Так, в работе Акименко и др. (2023) установлено, что по мере повышения дозы удобрений урожайность озимой пшеницы ежегодно возрастала после всех предшественников, но особенно выделялся черный пар, при котором в среднем за 2016–2022 гг. с дозой удобрений N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ получена наиболее высокая урожайность – 6,31 т/га.

При изучении влияния способов обработки почвы на урожайность зерновых культур важно учитывать климатические особенности регионов России, вследствие чего степень минимизации обработок в отдельных регионах приводит как к повышению, так и снижению урожайности (Золотухин и Потаракин, 2018).

В условиях зернопаропропашного севооборота без использования удобрений получена урожайность озимой пшеницы на вспашке 2,79 т/га, на безотвальном рыхлении – 2,72 т/га и на дисковании – 2,60 т/га. Снижение урожайности при дисковании по сравнению со вспашкой достоверно составило 0,19 т/га. Различия по урожайности между вспашкой и безотвальным рыхлением в варианте без удобрений оказались незначимыми. Урожайность культуры значимо снизилась вследствие минимизации обработок при внесении удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀. По сравнению со вспашкой снижение составило 0,2 при дисковании и 0,5 т/га при безотвальном рыхлении. Различия в урожайности между изучаемыми приемами обработки почвы с использованием дозы N₄₀P₈₀K₈₀ оказались незначимыми.

Влияние минеральных удобрений в зернопаропропашном севообороте обеспечило достоверную прибавку урожайности озимой пшеницы по сравнению с неудобренным фоном. При внесении N₂₀P₄₀K₄₀ урожайность на вспаханном фоне составила 4,17 т/га, при дисковании –

3,97 т/га и самой низкой была при безотвальном рыхлении – 3,67 т/га. С внесением N₄₀P₈₀K₈₀ урожайность озимой пшеницы достигла 4,63, 4,60, 4,55 т/га соответственно. Прибавки урожайности в сравнении с неудобренным фоном при внесении N₂₀P₄₀K₄₀ составили по вспашке 1,38, дискованию – 1,37, безотальному рыхлению – 0,95 т/га. При внесении N₄₀P₈₀K₈₀ прибавки урожайности возросли до 1,84, 2,0 и 1,83 т/га соответственно.

В зернотравянопропашном севообороте на неудобренном контрольном варианте на вспашке урожайность составила 2,61, на дисковании – 2,26 и на безотвальном рыхлении – 2,21 т/га. Урожайность достоверно различалась при внесении N₂₀P₄₀K₄₀ между вспашкой и безотвальным рыхлением (0,11 т/га); при внесении N₄₀P₈₀K₈₀ – между вспашкой и безотвальным рыхлением (0,16 т/га); между вспашкой и дискованием (0,20 т/га). Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте больше проявилось при безотвальном рыхлении почвы и дисковании – прибавки были равными 1,31 т/га при дозе N₂₀P₄₀K₄₀, 1,91 и 1,82 т/га при дозе N₄₀P₈₀K₈₀, тогда как при вспашке – 1,02 и 1,67 т/га соответственно по дозам удобрений. В зернотравянопропашном севообороте урожайность озимой пшеницы была выше при вспашке с дозой удобрений N₄₀P₈₀K₈₀ и составила 4,28 т/га.

В зернотравяном севообороте наибольшая урожайность озимой пшеницы получена при дисковании с дозой удобрений N₄₀P₈₀K₈₀ – 3,89 т/га, наименьшая при безотвальном рыхлении в варианте без удобрений – 2,13 т/га. При минимизации обработок почвы различия со вспашкой по урожайности недостоверные при дозе удобрений N₂₀P₄₀K₄₀ и достоверные – в варианте без удобрений и при дозе N₄₀P₈₀K₈₀. Прибавки урожайности от внесения минеральных удобрений составили: по вспашке – 1,08, дискованию – 1,25, безотальному рыхлению – 1,22 т/га при дозе N₂₀P₄₀K₄₀; соответственно 1,44, 1,72, 1,58 т/га при дозе N₄₀P₈₀K₈₀.

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы (табл. 2) определялось преимущественно влиянием минеральных удобрений и обработок почвы. Доля влияния минеральных удобрений составила 58,9 %, обработок почвы – 21,8 %, севооборотов – 4,6 %.

Таблица 2. Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки почвы и доз минеральных удобрений в севооборотах (2016–2020 гг.)

Table 2. Gluten content in winter wheat grain depending on primary tillage methods and mineral fertilizer doses in crop rotations (2016–2020)

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Уровень минерального питания (фактор С)			
		Содержание клейковины, %			
		без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	среднее
Зернопаро-пропашной	Вспашка	21,6	24,2	24,8	23,5
	Дискование	21,4	22,4	23,1	22,3
	Безотвальное рыхление	21,5	22,2	24,3	22,7
	Средняя	21,5	22,9	24,1	22,8
Зернотравяно-пропашной	Вспашка	19,3	23,1	24,5	22,3
	Дискование	17,1	22,9	23,3	21,1
	Безотвальное рыхление	21,3	22,3	23,5	22,4
	Средняя	19,2	22,8	23,8	21,9
Зернотравяной	Вспашка	22,6	23,6	23,3	23,2
	Дискование	17,0	18,9	23,6	19,8
	Безотвальное рыхление	22,2	23,3	24,6	23,4
	Средняя	20,6	21,9	23,8	22,1
Среднее	Вспашка	21,2	23,6	24,2	23,0
	Дискование	18,5	21,4	23,3	21,1
	Безотвальное рыхление	21,7	22,6	24,1	22,8
	Средняя	20,4	22,5	23,9	22,3
НСР ₀₅ , %		А = 1,4; В = 1,4; С = 1,4; АВ = 2,4; АС = 2,4; ВС = 2,4; АВС = 4,2			
Доля влияния факторов, %		А = 4,6; В = 21,8; С = 58,9; АВ = 4,9; АС = 3,0; ВС = 3,3; АВС = 3,5			

В зерне озимой пшеницы, выращенной без применения минеральных удобрений, содержание клейковины было минимальным и варьировало в севооборотах от 17,0 до 22,6 %. Внесение минеральных удобрений способствовало повышению содержания клейковины в зерне озимой пшеницы на фоне N₂₀P₄₀K₄₀ до 18,9–24,2 %, на фоне N₄₀P₈₀K₈₀ – до 23,1–24,8 %. Наименьшее содержание клейковины (в среднем 21,1 %) получено при дисковании, наибольшее (23,0 %) – при вспашке.

В зернопаропропашном севообороте содержание клейковины по сравнению с вариантом без удобрений достоверно возросло в среднем при внесении N₂₀P₄₀K₄₀ на 1,4 %, при внесении N₄₀P₈₀K₈₀ – на 2,6 %; в зернотравянопропашном – на 3,6 и 4,6 %; в зернотравяном – на 1,3 и 3,2 % соответственно. Наибольшее содержание клейковины (24,8 %) получено в зернопаропропашном севообороте при вспашке на фоне внесения N₄₀P₈₀K₈₀.

Применение приемов минимизации основной обработки почвы во многих случаях способствовало снижению содержания клейкови-

ны в зерне озимой пшеницы по сравнению со вспашкой. В зернопаропропашном севообороте в варианте с внесением одинарной дозы удобрений N₂₀P₄₀K₄₀ достоверное снижение содержания клейковины происходило при дисковании (на 1,8 %) и безотвальном рыхлении (на 2,0 %); в варианте с двойной дозой удобрений N₄₀P₈₀K₈₀ – при дисковании (на 1,7 %) по сравнению со вспашкой. В зернотравянопропашном севообороте в варианте без внесения удобрений содержание клейковины достоверно снижалось на 2,2 % при дисковании и повышалось на 2,0 % при безотвальном рыхлении по сравнению со вспашкой. В зернотравяном севообороте в вариантах без удобрений и дозой N₂₀P₄₀K₄₀ снижение содержания клейковины при дисковании по сравнению со вспашкой было более существенным – на 5,6 и 4,7 % соответственно.

Содержание белка в зерне озимой пшеницы (табл. 3) определялось в основном влиянием минеральных удобрений (51,0 %) и обработок почвы (26,0 %), взаимодействия севооборота и обработок почвы (11,1 %).

Таблица 3. Содержание белка в зерне озимой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки почвы и доз минеральных удобрений в севооборотах (2016–2020 гг.)

Table 3. Protein content in winter wheat grain depending on primary tillage methods and mineral fertilizer doses in crop rotations (2016–2020)

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Уровень минерального питания (фактор С)			
		Содержание белка, %			
		без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	среднее
Зернопаро-пропашной	Вспашка	12,4	12,9	13,1	12,8
	Дискование	12,4	12,6	12,8	12,6

Продолжение табл. 3

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Уровень минерального питания (фактор С)			
		Содержание белка, %			
		без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	среднее
Зернотравяно-пропашной	Безотвальное рыхление	12,3	12,5	12,9	12,6
	Средняя	12,4	12,7	12,9	12,7
	Вспашка	11,5	13,1	13,5	12,7
	Дискование	10,8	13,0	13,2	12,3
	Безотвальное рыхление	12,5	12,8	13,2	12,8
Зернотравяной	Средняя	11,6	13,0	13,3	12,6
	Вспашка	12,8	13,3	13,3	13,1
	Дискование	10,9	11,4	12,6	11,6
	Безотвальное рыхление	12,8	13,2	13,6	13,2
	Средняя	12,2	12,6	13,2	12,6
Среднее	Вспашка	12,2	13,1	13,3	12,9
	Дискование	11,4	13,3	13,2	12,2
	Безотвальное рыхление	12,5	12,8	13,2	12,9
	Средняя	12,1	12,8	13,1	12,6
НСР ₀₅ , %		A = 0,4; B = 0,4; C = 0,4; AB = 0,7; AC = 0,7; BC = 0,7; ABC = 1,2			
Доля влияния факторов, %		A = 0,1; B = 25,9; C = 51,0; AB = 11,1; AC = 6,3; BC = 3,0; ABC = 2,6			

Влияние фактора обработок почвы на качественные показатели зерна минимальное по сравнению с факторами минерального питания, севооборота и защиты растений. Солодовников и Левкина (2020) отмечают, что в их исследованиях способы основной обработки почвы не оказывали влияния на содержание белка в зерне озимой пшеницы, а количество сухой клейковины снижалось на 0,6 % по минимальной обработке и на 0,7 % по безотвальному рыхлению по сравнению с контролем. В исследованиях Pashtetsky et al. (2021) более высокие показатели качества зерна получены по паровому предшественнику. Кроме этого, оптимальные дозы удобрений позволили увеличить от 10,1 до 12,7 % содержание белка в зерне озимых пшеницы и ячменя, а также ярового ячменя.

Согласно нашим исследованиям, в зернопаропропашном севообороте в варианте без удобрений содержание белка было достоверно больше, в среднем на 0,8%, по сравнению с зернотравянопропашным севооборотом и не различалось существенно с зернотравяным севооборотом. В удобренных вариантах различия в содержании белка между севооборотами в среднем были недостоверными. В неудобренном варианте зернопаропропашного севооборота содержание белка (12,3–12,4 %) по приемам основной обработки почвы существенно не различалось. В зернотравянопро-

пашном севообороте при безотвальном рыхлении, вспашке и дисковании содержание белка составило соответственно 12,5, 11,5 и 10,8 %. В зернотравяном севообороте при вспашке и безотвальном рыхлении содержание белка было равным 12,8 %, при дисковании оно уменьшилось до 10,9 %. Достоверны различия по содержанию белка между вспашкой и дискованием в зернотравянопропашном (0,7 %) и зернотравяном (1,9 %) севооборотах; между вспашкой и безотвальным рыхлением в зернотравянопропашном севообороте (1,0 %).

Применение удобрений – основное условие формирования высоких и качественных урожаев зерновых культур. По результатам наших исследований, на фоне без внесения минеральных удобрений отмечали во всех севооборотах минимальное содержание белка в зерне озимой пшеницы (10,8–12,8 %). При внесении минеральных удобрений содержание белка было больше: при дозе N₂₀P₄₀K₄₀ – 11,4–13,3 %, при дозе N₄₀P₈₀K₈₀ – 12,6–13,6 %. Прибавка содержания белка при внесении N₂₀P₄₀K₄₀ составила 0,2–2,2 %, при внесении N₄₀P₈₀K₈₀ – 0,4–2,4 %. Наибольшее его количество (13,6 %) получено на фоне внесения N₄₀P₈₀K₄₀ в зернотравяном севообороте при безотвальном рыхлении.

Натура зерна озимой пшеницы (табл. 4) определялась преимущественно влиянием минеральных удобрений (71,0 %).

Таблица 4. Натура зерна озимой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки почвы и доз минеральных удобрений в севооборотах (2016–2020 гг.)

Table 4. Winter wheat grain nature weight depending on primary tillage methods and mineral fertilizer doses in crop rotations (2016–2020)

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Уровень минерального питания (фактор С)			
		Натура зерна, г/л			
		без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	среднее
Зернопаро-пропашной	Вспашка	732	735	745	737
	Дискование	730	742	743	738

Продолжение табл. 4

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Уровень минерального питания (фактор С)			
		Натура зерна, г/л			
		без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	среднее
Зернопаропропашной	Безотвальное рыхление	725	727	737	730
	Средняя	729	735	742	735
	Вспашка	729	731	736	732
	Дискование	730	731	736	732
	Безотвальное рыхление	730	730	737	732
Зернотравяно-пропашной	Средняя	730	730	736	732
	Вспашка	727	736	742	735
	Дискование	731	731	737	733
	Безотвальное рыхление	729	731	739	733
	Средняя	729	733	739	734
Среднее	Вспашка	730	733	741	735
	Дискование	730	735	739	735
	Безотвальное рыхление	728	729	738	732
	Средняя	729	732	739	734
НСР ₀₅ , г/л		А = 3; В = 3; С = 3; АВ = 5; АС = 5; ВС = 5; АВС = 8			
Доля влияния факторов, %		А = 6,0; В = 8,7; С = 71,0; АВ = 7,2; АС = 3,4; ВС = 1,6; АВС = 2,1			

Натура зерна озимой пшеницы в среднем была достоверно выше в зернопаропропашном севообороте (735 г/л) по сравнению с зернотравянопропашным (732 г/л) и была практически равной с натурой зерна в зернотравяном севообороте (734 г/л). По сравнению со вспашкой достоверным было снижение натуры зерна при безотвальном рыхлении (в среднем на 3 г/л), и практически равной натура зерна была при вспашке и дисковании (735 г/л). Внесение минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ способствовало достоверному повышению натуры зерна при вспашке и дисковании в зернопаропропашном (на 3 и 12 г/л) и вспашке в зернотравяном (на 9 г/л) по сравнению с вариантом без удобрений. При внесении N₄₀P₈₀K₈₀ натура зерна повышалась достоверно по всем изучаемым вариантам. Прибавки были больше в зернопаропропашном севообороте – 13, 13 и 12 г/л, в зернотравяном составили 15, 6 и 10 г/л, в зернотравянопропашном были самые низкие – 7, 6 и 7 г/л соответ-

ственно по вспашке, дискованию, безотвальному рыхлению. По сравнению с вариантом без удобрений (729 г/л) в среднем при внесении N₂₀P₄₀K₄₀ повышение натуры зерна составило 3 г/л (732 г/л), при внесении N₄₀P₈₀K₈₀ – 10 г/л (739 г/л).

Одними из важнейших показателей экономической эффективности, наиболее полно характеризующих деятельность сельскохозяйственного производства, являются себестоимость, прибыль и рентабельность. Чем ниже себестоимость произведенной продукции и выше прибыль и уровень рентабельности, тем эффективнее производство.

Анализ результатов расчета экономической эффективности показал, что прямые затраты при возделывании озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте были выше на 9,2–12,0 % по сравнению с ее возделыванием в зернотравянопропашном и зернотравяном севооборотах (табл. 5).

Таблица 5. Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы (2016–2020 гг.)
Table 5. Economic efficiency of winter wheat grain production (2016–2020)

Экономические показатели	Вспашка			Дискование			Безотвальное рыхление		
	без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀
Зернопаропропашной севооборот									
Урожайность зерна, т/га	2,79	4,17	4,63	2,60	3,97	4,60	2,72	3,67	4,55
Стоимость продукции, тыс. руб./га	27,90	41,70	46,30	26,00	39,70	46,00	27,20	36,70	45,50
Прямые затраты, тыс. руб./га	17,54	20,12	22,80	15,45	18,03	20,71	15,82	18,40	21,08
Себестоимость зерна, тыс. руб./т	6,29	4,83	4,92	5,94	4,54	4,50	5,82	5,01	4,63
Прибыль, тыс. руб./га	10,36	21,58	23,50	10,55	21,67	25,29	11,38	18,30	24,42
Рентабельность, %	59,0	107,2	103,1	68,2	120,2	122,1	71,9	99,5	115,9
Зернотравянопропашной севооборот									
Урожайность зерна, т/га	2,61	3,63	4,28	2,26	3,57	4,08	2,21	3,52	4,12
Стоимость продукции, тыс. руб./га	26,10	36,30	42,80	22,60	35,70	40,80	22,10	35,20	41,20
Прямые затраты, тыс. руб./га	15,77	17,94	20,44	13,67	15,85	18,35	14,04	16,22	18,72

Продолжение табл. 5

Экономические показатели	Вспашка			Дискование			Безотвальное рыхление		
	без удобрений	$N_{20}P_{40}K_{80}$	$N_{40}P_{80}K_{80}$	без удобрений	$N_{20}P_{40}K_{80}$	$N_{40}P_{80}K_{80}$	без удобрений	$N_{20}P_{40}K_{80}$	$N_{40}P_{80}K_{80}$
Себестоимость зерна, тыс. руб./т	6,04	4,94	4,78	6,05	4,44	4,50	6,35	4,61	4,54
Прибыль, тыс. руб./га	10,33	18,36	22,36	8,93	19,85	22,45	8,06	18,98	22,48
Рентабельность, %	65,6	102,3	109,4	65,3	125,2	122,4	57,4	117,0	120,1
Зернотравяной севооборот									
Урожайность зерна, т/га	2,38	3,46	3,82	2,17	3,42	3,89	2,13	3,35	3,71
Стоимость продукции, тыс. руб./га	23,80	34,60	38,20	21,70	34,20	38,90	21,30	33,50	37,10
Прямые затраты, тыс. руб./га	15,77	17,94	20,44	13,67	15,85	18,35	14,04	16,22	18,72
Себестоимость зерна, тыс. руб./т	6,62	5,19	5,35	6,30	4,63	4,72	6,59	4,84	5,04
Прибыль, тыс. руб./га	8,03	16,66	17,76	8,03	18,35	20,55	7,26	17,28	18,38
Рентабельность, %	51,0	92,8	86,9	58,7	115,8	112,0	51,7	106,5	98,2

При возделывании озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте себестоимость зерна составила от 4,50 до 6,29 тыс. руб./т, прибыль – от 10,36 до 25,29 тыс. руб./га, рентабельность от 59,0 до 122,1%; в зернотравянопропашном – от 4,44 до 6,35 тыс. руб./т, от 8,06 до 22,48 тыс. руб./га, от 57,4 до 125,2%; в зернотравяном – от 4,63 до 6,62 тыс. руб./т, от 7,26 до 20,55 тыс. руб./га, от 51,0 до 115,8 % соответственно.

Прямые затраты по вспашке были самыми высокими. В зернопаропропашном севообороте они составили 17,54–22,80 тыс. руб./га, в зернотравянопропашном и зернотравяном – 15,77–20,44 тыс. руб./га. При дисковании почвы прямые затраты в среднем ниже на 10,5 %, безотвальном рыхлении – ниже на 8,6 %. Прямые затраты возрастали с использованием минеральных удобрений по изучаемым обработкам почвы с дозой $N_{20}P_{40}K_{80}$ на 2,17–2,58 тыс. руб./га, с дозой $N_{40}P_{80}K_{80}$ – на 4,68–5,26 тыс. руб./га по сравнению с вариантами без удобрений.

В изучаемых севооборотах в вариантах без применения минеральных удобрений в большинстве случаев наблюдалась более высокая себестоимость зерна, низкая прибыль и рентабельность производства. Наиболее низкая себестоимость зерна озимой пшеницы (4,44 тыс. руб./т) при дисковании почвы в зернотравянопропашном севообороте с внесением дозы удобрений $N_{20}P_{40}K_{80}$, прибыль составила 19,85 тыс. руб./га, а уровень рентабельности – 125,2 %. В зернопаропропашном севообороте наименьшая себестоимость зерна 4,50 тыс. руб./т соответствовала дискованию почвы с дозой удобрений $N_{40}P_{80}K_{80}$. Прибыль составила 25,29 тыс. руб./га, уровень рентабельности – 122,1 %. В зернотравяном севообороте более низкая себестоимость зерна – 4,63 тыс. руб./т при дисковании почвы с дозой удобрений $N_{20}P_{40}K_{80}$, прибыль составила 18,35 тыс. руб./га, уровень рентабельности – 115,8 %.

Научно обоснованное использование удобрений дает явный экономический эффект. По данным Шаповалова и др. (2022), применение различных доз удобрений в опыте при возделывании пшеницы, несмотря на увеличение затрат (на 9,8–50,7 %), приводило к снижению себестоимости зерна на 477–1535 руб./т, росту прибыли на 2998–21382 руб./га и повышению уровня рентабельности на 2,5–43,1 %.

Таким образом, определяющим фактором, оказывающим наиболее значимое влияние на урожайность, качество зерна и, соответственно, его себестоимость, является удобрение. Поэтому представляет интерес взаимосвязь удобрения с основными агроэкономическими показателями производства зерна.

На рисунке приведены средние эмпирические значения урожайности и себестоимости зерна в зависимости от дозы удобрения, которые с достоверностью $R^2 = 1$ аппроксимируются следующими параболическими выражениями:

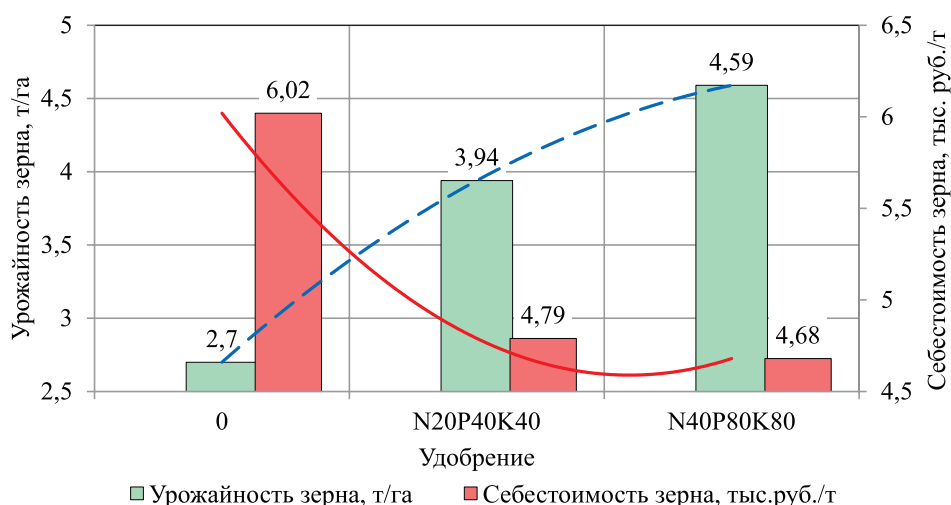
$$Y = -2,95 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0154x + 2,7 \text{ т/га};$$

$$C = 5,6 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0179x + 6,02 \text{ тыс. руб./т};$$

где Y – урожайность зерна озимой пшеницы, т/га; C – себестоимость зерна, тыс. руб./т; x – доза минерального удобрения в действующем веществе, кг/га.

Кривая урожайности культуры изменяется по выпуклой параболе, свидетельствующей о том, что с увеличением дозы удобрения урожайность возрастает, но прибавка урожайности имеет тенденцию к снижению. При этом себестоимость зерна с ростом дозы удобрения снижается по вогнутой параболе, имеющей минимум в точке:

$$\partial C / \partial x = 11,2 \cdot 10^{-5}x - 0,0179 = 0.$$



Средние урожайность и себестоимость зерна озимой пшеницы в зависимости от дозы удобрения
Mean productivity and cost price of winter wheat grain depending on the fertilizer dose

Откуда среднее значение дозы удобрения, соответствующее минимальной себестоимости зерна озимой пшеницы, $x = N_{32}P_{64}K_{64}$. С увеличением дозы удобрения выше $N_{32}P_{64}K_{64}$ урожайность зерна продолжает повышаться, но стоимость величины прибавки урожайности недостаточна для того, чтобы окупить затраты на возрастающие дозы удобрения. Поэтому себестоимость зерна начинает повышаться.

Выводы. В результате исследований установлено преимущество зернопаропропашного севооборота над зернотравянопропашным и зернотравяным. Урожайность озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте в среднем за годы проводимых исследований была ниже на 10,2 %, в зернотравяном – на 15,8 % по сравнению с зернопаропропашным. Наиболее высокие урожайность культуры (4,63 т/га), содержание клейковины (24,8 %) и натура зерна (745 г/л) получены в зернопаропропашном севообо-

роте при вспашке почвы с дозой удобрения $N_{40}P_{80}K_{80}$. Максимальное содержание белка в зерне (13,6 %) соответствовало зернотравяному севообороту при безотвальном рыхлении почвы и внесении $N_{40}P_{80}K_{40}$. Применение приемов минимизации основной обработки почвы способствовало снижению урожайности озимой пшеницы, содержания клейковины, белка и натуры зерна по сравнению со вспашкой. Все показатели зерна улучшались с внесением минеральных удобрений. Минимальная себестоимость его (4,44 тыс. руб./т) при дисковании почвы в зернотравянопропашном севообороте с внесением $N_{20}P_{40}K_{40}$. При этом прибыль составила 19,85 тыс. руб./га, уровень рентабельности – 125,2 %. В среднем по опыту минимальной себестоимости зерна соответствует доза удобрения $N_{32}P_{64}K_{64}$.

Финансирование. Работа выполнена по теме государственного задания № FGZU-2022-0005.

Библиографические ссылки

1. Акименко А.С., Свиридов В.И., Дудкина Т.А., Вавин В.Г., Долгополова Н.В. Обоснование направления интенсификации производства зерна в севооборотах лесостепи Центрального Черноземья // Земледелие. 2023. № 1. С. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-1-3-7.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Дубовик Д.В., Лазарев В.И., Айдиев А.Я., Ильин Б.С. Эффективность различных способов основной обработки почвы и прямого посева при возделывании озимой пшеницы на черноземных почвах // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 12. С. 26–29. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11205.
4. Золотухин А.И., Потаракин С.В. Техничко-экономическое обоснование различных способов основной обработки почвы под озимую пшеницу в условиях Орловской области // Вестник аграрной науки. 2018. № 3(72). С. 36–42. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.3.36.
5. Прокина Л.Н., Пугаев С.В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников, удобрений и известкования // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 3. С. 318–326. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.318-326.
6. Семенюк О.В., Оганян Л.Р., Суркова Е.В. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы с применением жидких комплексных органоминеральных удобрений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 76. С. 85–90. DOI: 10.21515/1999-1703-76-85-90.
7. Солодовников А.П., Левкина А.Ю. Влияние способов обработки почвы и агрохимикатов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Саратовском Заволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 29–35. DOI: 10.28983/asj.y2020i3pp29-35.

8. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М.: РАН, 2019. 327 с.
9. Шаповалова Н.Н., Оганян Л.Р., Воропаева А.А. Влияние минеральных удобрений на экономическую эффективность производства зерна озимой пшеницы в технологии прямого посева в условиях Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 83–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-83-88.
10. Esaulko A.N., Sigida M.S., Golosnoy E.V., Ozheredova A.Y., Korostylev S.A. Management of nitrogen fertilizing of winter wheat in no-till technology // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9, № 6. P. 1916–1920.
11. Merzlaya G., Afanasyev R.A., Mukhina M., Mozharova I., Bereznov A., Astarkhanova T., Zargar M. Comparative efficiency of organic, mineral and organo-mineral fertilizer on soil properties and crops // Research on crops. 2021. Vol. 22, № 4. P. 841–848. DOI: 10.31830/2348-7542.2021.139.
12. Pashtetsky V.S., Turin E.N., Zhenchenko K.G. Optimal doses of fertilizer application against the background of resource-saving soil cultivation technologies in the Steppe zone of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number: 062011. DOI: 10.1088/1755-1315/640/6/062011.
13. Turebayeva S., Zhapparova A., Yarkin A., Aisakulova K., Yesseyeva G., Bissembayev A., Salnikov E. Productivity of rainfed winter wheat with direct sowing and economic efficiency of diversified fertilization in arid region of South Kazakhstan // Agronomy. 2022. Vol. 12, № 1. Article number: 111. DOI: 10.3390/agronomy12010111.
14. Wozniak A., Rachon L. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties // Agriculture. 2020. Vol. 10, № 9. P. 1–12. DOI: 10.3390/agriculture10090405.
15. Zhao Y., Chen Y., Dai H., Cui J., Wang L., Sui P. Effects of organic amendments on the improvement of soil nutrients and crop yield in sandy soils during a 4-year field experiment in Huang-Huai-Hai plain, Northern China // Agronomy. 2021. Vol. 11, № 1. Article number: 157. DOI: 10.3390/agronomy11010157.

References

1. Akimenko A.S., Sviridov V.I., Dudkina T.A., Vavin V.G., Dolgoplova N.V. Obosnovanie napravleniya intensivatsii proizvodstva zerna v sevooborotakh lesostepi Tsentral'nogo Chernozem'ya [Substantiation of the direction of grain production intensification in crop rotations of the forest-steppe of the Central Blackearth region] // Zemledelie. 2023. № 1. S. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-1-3-7.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Dubovik D.V., Lazarev V.I., Aidiev A. Ya., Il'in B.S. Effektivnost' razlichnykh sposobov osnovnoi obrabotki pochvy i pryamogo poseva pri vozdeleyvanii ozimoi pshenitsy na chernozemnykh pochvakh // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 12. S. 26–29. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11205.
4. Zolotukhin A.I., Potarakin S.V. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie razlichnykh sposobov osnovnoi obrabotki pochvy pod ozimuyu pshenitsu v usloviyakh Orlovskoi oblasti [The efficiency of various methods of primary tillage and direct sowing in winter wheat cultivation on blackearth soils] // Vestnik agrarnoi nauki. 2018. № 3(72). S. 36–42. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.3.36.
5. Prokina L.N., Pugaev S.V. Urozhainost' ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennikov, udobrenii i izvestkovaniya [Feasibility study of various methods of primary tillage for winter wheat in the conditions of the Oryol region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. T. 23, № 3. S. 318–326. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.318-326.
6. Semenyuk O.V., Oganyan L.R., Surkova E.V. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdeleyvaniya ozimoi pshenitsy s primeneniem zhidkikh kompleksnykh organomineral'nykh udobrenii [Economic efficiency of winter wheat cultivation with the use of liquid complex organic and mineral fertilizers] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 76. S. 85–90. DOI: 10.21515/1999-1703-76-85-90.
7. Solodovnikov A.P., Levkina A. Yu. Vliyanie sposobov obrabotki pochvy i agrokhimikatov na urozhainost' i kachestvo zerna ozimoi pshenitsy v Saratovskom Zavolzh'e [The effect of soil tillage methods and agrochemicals on productivity and grain quality of winter wheat in the Saratov Zavolzhye] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2020. № 3. S. 29–35. DOI: 10.28983/asj.y2020i3pp29-35.
8. Sychev V.G. Sovremennoe sostoyanie plodorodiya pochv i osnovnye aspekty ego regulirovaniya [The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation]. M.: RAN, 2019. 327 s.
9. Shapovalova N.N., Oganyan L.R., Voropaeva A.A. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na ekonomicheskuyu effektivnost' proizvodstva zerna ozimoi pshenitsy v tekhnologii pryamogo poseva v usloviyakh Stavropol'skogo kraia [The effect of mineral fertilizers on the economic efficiency of winter wheat grain production in the technology of direct sowing in the conditions of the Stavropol Territory] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 1(79). S. 83–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-83-88.
10. Esaulko A.N., Sigida M.S., Golosnoy E.V., Ozheredova A.Y., Korostylev S.A. Management of nitrogen fertilizing of winter wheat in no-till technology // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9, № 6. P. 1916–1920.
11. Merzlaya G., Afanasyev R.A., Mukhina M., Mozharova I., Bereznov A., Astarkhanova T., Zargar M. Comparative efficiency of organic, mineral and organo-mineral fertilizer on soil properties and crops // Research on crops. 2021. Vol. 22, № 4. P. 841–848. DOI: 10.31830/2348-7542.2021.139.
12. Pashtetsky V.S., Turin E.N., Zhenchenko K.G. Optimal doses of fertilizer application against the background of resource-saving soil cultivation technologies in the Steppe zone of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number: 062011. DOI: 10.1088/1755-1315/640/6/062011.

13. Turebayeva S., Zhapparova A., Yerkin A., Aisakulova K., Yesseyeva G., Bissembayev A., Saljnikov E. Productivity of rainfed winter wheat with direct sowing and economic efficiency of diversified fertilization in arid region of South Kazakhstan // *Agronomy*. 2022. Vol. 12, № 1. Article number: 111. DOI: 10.3390/agronomy12010111.

14. Wozniak A., Rachon L. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties // *Agriculture*. 2020. Vol. 10, № 9. P. 1–12. DOI: 10.3390/agriculture10090405.

15. Zhao Y., Chen Y., Dai H., Cui J., Wang L., Sui P. Effects of organic amendments on the improvement of soil nutrients and crop yield in sandy soils during a 4-year field experiment in huang-huai-hai plain, Northern China // *Agronomy*. 2021. Vol. 11, № 1. Article number: 157. DOI: 10.3390/agronomy11010157.

Поступила: 19.04.23; доработана после рецензирования: 23.05.23; принята к публикации: 23.05.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Гуреев И. И. – планирование главных этапов полевых исследований, разработка концепции исследований, подготовка рукописи; Гостев А. В. – анализ данных и их интерпретация; Нитченко Л. Б. – подготовка данных, анализ и оценка влияния приемов обработки почвы, расчет экономической эффективности, подготовка рукописи; Лукьянов В. А. – обоснование актуальности исследований, анализ экономической эффективности, оценка влияния удобрений, подготовка рукописи; Хлюпина С. В. – подготовка данных и оценка влияния севооборотов; Прущик И. А. – выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.11:632.754.1

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-102-108

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПШЕНИЦЫ К ПОВРЕЖДЕНИЯМ КЛОПОВ РОДА *EURYGASTER* L. (HEMIPTERA, SCUTELLERIDAE)

А. В. Капусткина, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной энтомологии, aleksandrakapustkina@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-8943-6841
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР),
196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3

В России пшеница является стратегически важной продовольственной и экспортной культурой, но несмотря на расширение посевных площадей и рост валовых сборов, качество урожая остается низким. Существенное снижение количественных и качественных характеристик урожая зерна пшеницы вызывают клопы р. *Eurygaster*. Высев устойчивых сортов – это один из наиболее экологически безопасных и эффективных способов снижения численности и вредоносности клопов. К сожалению, современные сорта пшеницы зачастую не охарактеризованы по устойчивости к черепашкам, хотя это имеет первостепенное значение для зернового производства и селекционных программ. Цель исследований заключалась в сравнительной оценке поврежденности клопами-черепашками зерна разных видов и сортов пшеницы. В соответствии с ГОСТ 33538-2015 «Защита растений. Методы выявления и учета поврежденных зерен злаковых культур клопами-черепашками» проведена оценка образцов пшеницы на поврежденность зерна клопами-черепашками. Показано, что клопы р. *Eurygaster* одинаково повреждают зерно разных видов, разновидностей и форм пшеницы. Среди 108 исследуемых сортов пшеницы только 16 характеризовались низкой поврежденностью зерна. Абсолютно устойчивых сортов к повреждениям клопов-черепашек не обнаружено. Наименьшая средняя поврежденность черепашками зерна отмечалась у следующих сортов (до 5,0 %): Утриш, Юнион, Алтайская жница. Отмечено, что наибольшее количество слабо повреждаемых черепашками образцов зерна выявилось среди сортов яровой твердой пшеницы (до 50,0 %). Определено, что в разных агроклиматических условиях возделывания у большинства исследуемых образцов пшеницы поврежденность клопами зерна сохраняется примерно на одном уровне.

Ключевые слова: пшеница, разновидность, сорт, *Triticum aestivum*, *Tr. durum*, *Tr. turgidum*, клопы-черепашки, *Eurygaster* spp.

Для цитирования: Капусткина А. В. Оценка устойчивости зерна различных видов пшеницы к повреждениям клопов рода *Eurygaster* L. (Hemiptera, Scutelleridae) // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 102–108. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-102-108.



ESTIMATION OF GRAIN RESISTANCE OF VARIOUS WHEAT TYPES TO CORN BUG *EURYGASTER* L. (HEMIPTERA, SCUTELLERIDAE)

A. V. Kapustkina, Candidate of Biological Sciences, leading researcher the laboratory for agricultural entomology, aleksandrakapustkina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8943-6841
FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection (ARRIPP),
196608, St. Petersburg, Pushkin, Podbelsky Av., 3

In Russia wheat is a strategically important food and export grain crop, but despite the expansion of sown areas and the growth of gross yields, yield quality remains low. A significant decrease in the quantitative and qualitative characteristics of the wheat grain productivity is caused by corn bug *Eurygaster* L. Planting resistant varieties is one of the most environmentally friendly and effective ways to reduce the number and harmfulness of corn bug. Unfortunately, modern wheat varieties are often not characterized by corn bug resistance, although this is of paramount importance for grain production and breeding programs. The purpose of the current study was to compare the damage caused by corn bugs to grain of different wheat types and varieties. In accordance with GOST 33538-2015 "Plant protection. Methods for identifying and accounting for damaged grains by corn bug", there has been conducted an estimation of wheat samples for their damage by corn bug. There has been shown that corn bug *Eurygaster* L. equally damages grain of different wheat types, varieties, and forms. Among the 108 studied wheat varieties, only 16 varieties were characterized by a low degree of grain damage. Absolutely resistant varieties to damage by corn bug have not been identified. The least mean grain damage by corn bug was found in such varieties (up to 5.0 %) as 'Utrish', 'Yunion', 'Altaiskaya zhnitsa'. There has been established that the largest number of grain samples slightly damaged by corn bug was found among spring durum wheat varieties (up to 50.0 %). There has been determined that under different agroclimatic conditions of cultivation, the most studied wheat samples had the same level of grain damage by corn bug.

Keywords: wheat, variety, *Triticum aestivum*, *Tr. durum*, *Tr. turgidum*, corn bug, *Eurygaster* spp.

Введение. Пшеница в большинстве стран мира занимает ведущее место по производству зерна и является основной продовольственной культурой. Мировой генофонд пшеницы представлен обширным количеством биологических культурных и диких видов, разновидностей, экологических типов, форм и сортов. Наибольшее распространение получила мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), в меньшей степени культивируются твердая пшеница (*Tr. Durum* Desf) и тургидная пшеница (*Tr. turgidum* L.) (Пустанов, 2022).

В Российской Федерации пшеница является не только стратегически важной продовольственной, но и главной экспортной культурой. Несмотря на то что в последние годы наблюдается значительное расширение посевных площадей и существенный прирост валовых сборов зерна пшеницы, качество урожая остается низким. В стране производят в основном пшеницу 3 и 4 класса, что составляет около 21,0–37,4 и 42,4 % соответственно от общего урожая зерна. Зерно пшеницы 1 и 2 класса в зависимости от года либо не обнаруживалось, либо на его долю приходилось менее 1,0 % (Фурсов, 2018; Ленточкин, 2019). Низкое качество урожая связано с тем, что новые современные сорта пшеницы зачастую не имеют устойчивости к различным биотическим стрессам (вредителям, патогенам и сорнякам). Во всем мире потенциальные предуборочные потери от вредителей для пшеницы могут составлять 50,0 %, фактические оцениваются в 26,0–30,0 %. Без проведения защитных мероприятий потери урожая могут возрасти до 70,0 % (Слободчиков, 2020; Mesterházy et al., 2020). Обширный высев генетически однородных высокоурожайных сортов пшеницы на больших площадях способствует росту численности основных вредителей и вреда от них.

Значительные экономические потери и изменения качества зерна пшеницы вызывают клопы рода *Eurygaster*. Наиболее опасным вредителем зерновых культур во всем мире считается клоп-вредная черепаха (*E. integriceps* Put.), в меньшей степени – маврский клоп (*E. maura* L.) и австрийская черепаха (*E. austriaca* Schr.). Питание черепашек на растении в период созревания и формирования зерна приводит к значительному ухудшению всех его свойств, нарушению биохимического состава и снижению его стоимости. При отсутствии скоординированной защиты посевов зерновых культур от клопов полученный урожай зерна становится непригодным для его использования на продовольственные, посевные и фуражные цели (Davari and Parker 2018; Rapaport et al., 2019; Капусткина и Хилевский, 2020; Neimorovets, 2020; Ghanbari et al., 2022; Kapustkina and Frolov, 2022).

Применение инсектицидов на посевах дает быстрый и эффективный способ снижения численности и вреда от клопов-черепашек, поэтому во многих хозяйствах отдают предпочтение химическому подходу защиты растений

от вредителей. Однако частое и бессистемное применение пестицидов приведет к снижению численности энтомофагов и формированию резистентных популяций клопов к применяемым препаратам, что впоследствии приведет к увеличению потерь урожая. Из-за негативного воздействия на биоценоз пшеничного поля необходимо применять для снижения популяции клопов другие более безопасные подходы (Nasrollahi et al., 2019; Ghanbari et al., 2022; Kapustkina and Frolov, 2022).

Выращивание устойчивых сортов пшеницы является наиболее экологически безопасным, экономически эффективным и практичным методом защиты посевов от клопов-черепашек. Насыщение посевов толерантными видами и сортами пшеницы уменьшит негативное воздействие на окружающую среду благодаря снижению количества обработок инсектицидами, повысит экологичность продукции, сохранит популяции полезных насекомых в биоценозе, сократит производственные затраты, численность черепашек и потери урожая. Слабо повреждаемые сорта можно также использовать в селекционных программах для изучения иммунологических барьеров и создания новых сортов или гибридов пшеницы, более устойчивых к клопам рода *Eurygaster* (Nasrollahi et al., 2019; Ghanbari et al., 2022; Padmavathi and Padmaja, 2022). К сожалению, современные сорта пшеницы, прошедшие регистрацию в «Государственном реестре селекционных достижений и допущенных к использованию», зачастую не охарактеризованы по устойчивости к экономически опасным вредителям, в том числе и к клопам-черепашкам.

Цель исследований заключалась в сравнительной оценке поврежденности клопами-черепашками зерна разных видов и сортов пшеницы с необработанных посевов.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования служили 108 сортов мягкой, твердой и тургидной пшеницы, имеющих государственную регистрацию в реестре селекционных достижений по Северо-Кавказскому, Западно-Сибирскому, Средне-волжскому, Нижневолжскому регионам и Центрально-Черноземной области России. За период с 2002 по 2022 г. было проанализировано 348 образцов пшеницы, в том числе 326 образцов мягкой, 17 образцов твердой и 5 образцов тургидной пшеницы.

Исследуемые образцы зерна были отобраны с посевов пшеницы, на которых не проводились обработки против клопов-черепашек. Отбор проб для анализа поврежденности зерна клопами проводили в соответствии с ГОСТ 13586.4-83 «Зерно. Методы определения зараженности и поврежденности вредителями» и 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания зерен мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных черепашкой; содержания металломагнитной примеси». Для определения

количественных и качественных параметров поврежденности зерна по каждому образцу анализировали 500 зерен (5 проб по 100 зерен). Оценку проводили в двух повторностях.

Анализ образцов зерна пшеницы на поврежденность клопами-черепашками проводили по 5-балльной шкале с использованием методов инфракрасной микроскопии и компьютерного сканирования в соответствии с ГОСТ 33538-2015 «Защита растений. Методы выявления и учета поврежденных зерен злаковых культур клопами-черепашками».

Исследуемые сорта разделяли на 3 группы по поврежденности вредной черепашкой: слабо (до 10,0 %), средне (от 10,0 до 20,0 %) и сильно (более 20,0 %) повреждаемые. Степень достоверности различий между ними находится на уровне значимости 0,1 %.

Результаты и их обсуждение. Известно, что виды пшеницы различаются по устойчивости к клопам-черепашкам. Однако в научном мире существуют диаметрально противоположные взгляды на устойчивость различных

видов пшеницы к повреждениям клопами. Одни исследователи установили, что сорта твердой пшеницы меньше повреждаются грызущими вредителями, но сильнее страдают от сосущих фитофагов (тлей, трипсов, хлебных клопов). В других исследованиях сообщается о том, что *Triticum aestivum* сильнее повреждается вредной черепашкой, нежели *Tr. durum*. Существует также мнение, что твердая и мягкая пшеница одинаково сильно повреждается черепашками (Karustkina and Frolov, 2022).

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что клопы-черепашки повреждали зерно разных видов пшеницы практически одинаково. Средняя поврежденность зерна клопами за годы исследований колебалась от $4,53 \pm 0,47$ до $69,4 \pm 1,04$. Из 108 исследуемых сортов пшеницы только 16 сортов характеризовались низкой поврежденностью зерна (до 10,0 %). При этом было установлено, что у мягкой пшеницы количество таких сортов не превышало 12,3 %, у твердой и тургидной пшеницы достигало 50,0 % (рис. 1).

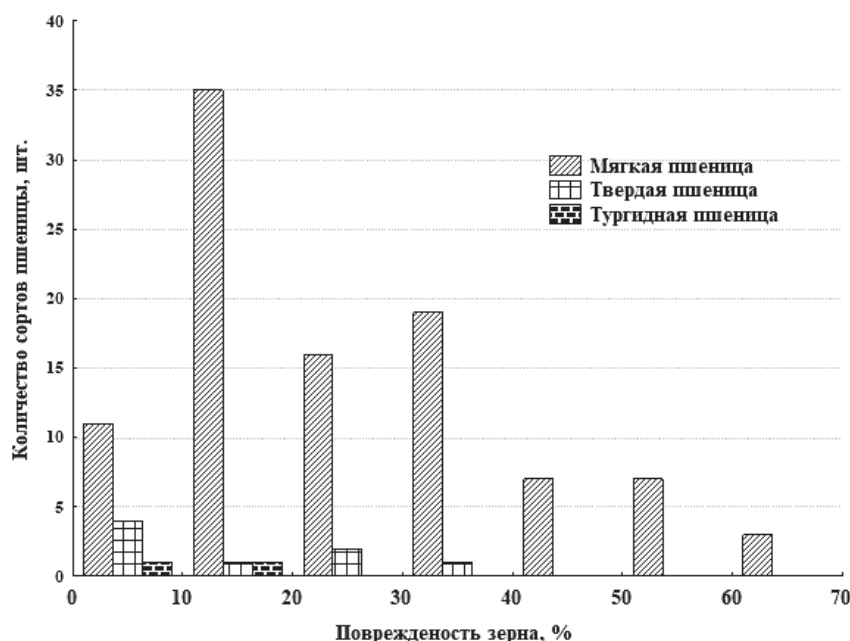


Рис. 1. Распределение сортов мягкой, твердой и тургидной пшеницы по степени поврежденности зерна клопами-черепашками

Fig. 1. Distribution of common, durum and turgid wheat varieties according to the degree of grain damage by corn bug

В литературе отмечается, что наличие в товарных партиях пшеницы (независимо от вида или сорта) 2,0–5,0 % зерен, поврежденных насекомыми, делает такие партии непригодными для хлебопекарных и макаронных целей, значительно снижает их экспортную стоимость и понижает их до 3 класса (Nasrollahi et al., 2019; Karustkina and Frolov, 2022).

Среди исследуемых сортов пшеницы не встречались образцы зерна с поврежденностью менее 2,0 %. Поврежденность зерна 2,0–5,0 % отмечалась у мягкой пшеницы сортов Утриш (степень поврежденности состав-

ляла $4,53 \pm 0,47$; средневзвешенный балл – $0,08 \text{ ед.} \pm 0,01$), Юнион ($5,0 \pm 0,39$; $0,11 \text{ ед.} \pm 0,01$) и Алтайская жница ($4,8 \pm 0,89$; $0,11 \text{ ед.} \pm 0,03$). Необходимо подчеркнуть, что в благоприятные годы для развития черепашек на необработанных посевах поврежденность зерна у названных сортов может значительно изменяться. Например, в 2016 г. поврежденность маврским клопом зерна сорта Алтайская жница достигала $8,0 \pm 1,6$ со средневзвешенным баллом $0,2 \text{ ед.} \pm 0,1$; в 2022 г. поврежденность зерна не превышала $1,4 \pm 0,4$, средневзвешенный балл составил $0,03 \text{ ед.} \pm 0,01$.

Определено, что 84,3 % исследуемых образцов пшеницы относятся к средне и сильно повреждаемым сортам. Наибольшее количество таких сортов отмечалось среди сортов мягкой пшеницы – 35,7 и 50,0 %. Встречаемость сортов с поврежденностью зерна клопами выше 10,0 % среди образцов твердой пшеницы не превышала 37,5 %. Сильнее всего повреждались сорта мягкой пшеницы, такие как Княжна (69,4 %±1,0; 2,16 ед.±0,05), Сила (64,1 %±1,6; 1,7 ед.±0,04), Престиж (38,0 %±4,6; 1,1 ед.±0,15), Вершина (2,3 %±1,1; 0,52 ед.±0,03), Ростовчанка 3 (25,5 %±3,2; 0,59 ед.±0,07) и др.

Сравнительный анализ яровых и озимых форм пшеницы показал, что средняя поврежденность зерна практически не отличалась и составляла 19,8–26,7% со средневзвешенным баллом 0,49–0,74 ед. (табл. 1). Однако количество слабо повреждаемых сортов (до 10,0 %) среди яровых форм было выше и составляло 43,5 %, в то время как у озимых форм не превышало 8,2 %. В группу средне повреждаемых сортов относились 36,5 % озимых и 26,1 % яровых образцов пшеницы, сильно повреждаемых – 55,3 и 30,4 % соответственно.

Таблица 1. Поврежденность зерна озимой и яровой пшеницы клопами-черепашками
Table 1. Damage degree of winter and spring wheat grain by corn bug

Форма пшеницы	Количество сортов, шт.	Поврежденность зерна, %			Средневзвешенный балл, ед.		
		$\bar{X}$	min	max	$\bar{X}$	min	max
озимая	85	26,7±1,61	4,53±0,47	69,4±1,04	0,74±0,05	0,08±0,01	2,16±0,05
яровая	23	19,8±3,17	4,8±0,89	55,0±2,56	0,49±0,08	0,11±0,02	1,52±0,10

Определено, что интенсивность повреждения черепашками зерна пшеницы в зависимости от сорта в пределах одной формы значительно изменялась. Так, поврежденность зерна яровых сортов варьировала от 4,8 до 55,0 %, средневзвешенный балл – от 0,11–1,52 ед. У озимых форм этот размах составлял 4,53–69,4 % со средневзвешенным баллом 0,08–2,16 ед.

Интенсивность повреждения клопами-черепашками зерна пшеницы в первую очередь зависит от особенностей анатомо-морфологического строения отдельных структур и тканей колоса, а также биохимического состава запасных веществ в нем, в частности, от соотношения крахмальных фракций в эндосперме. Сорта и виды пшеницы с остистым опушенным колосом, у которых зерновки окружены широкими плотно прилегающими более утолщенными колосковыми и цветковыми чешуями значительно меньше повреждаются вредителями. Хотя существует и противоположное мнение. Например, некоторые исследователи отмечают, что сорта озимой пшеницы с остистым опушенным колосом и красным зерном повреждаются сильнее, нежели безостые гладкие сорта с белым зерном (Ghanbari et al., 2022; Karustkina and Frolov, 2022).

В наших исследованиях сорта пшеницы относились к 8 разновидностям: *lutescens*, *erythrosperrum*, *albidum*, *graecum*, *hordeiforme* и *leucurum*, *lusitanicum* и *megalopolitanum*. Разновидности *lutescens* и *erythrosperrum* характеризуются белым неопушенным колосом и красным зерном. При этом колосья образцов *erythrosperrum* остистые, в то время как *lutescens* безостые. Все остальные исследуемые разновидности пшеницы были с белым неопушенным остистым колосом, зерно белого цвета. Исключение – разновидность *albidum*, у которого колос безостый, и *megalopolitanum*, у которого колос опушен.

Оценка поврежденности клопами-черепашками пшеницы разновидностей *lutescens* и *erythrosperrum* показала, что основная масса сортов относится к средне и сильно повреждаемым. Так, количество средне повреждаемых сортов у *lutescens* составило 31,0 % и у *erythrosperrum* – 47,6 %, сильно повреждаемых – 54,9 и 52,4 %, слабо повреждаемых не превышало 14,1 и 9,2 % соответственно. В наименьшей степени повреждались такие сорта мягкой пшеницы, как Свердловская юбилейная, Утриш, Юнион, Алексеич, Алтайская жница и т.д.

Поврежденность зерна образцов пшеницы разновидности *albidum* в целом была высокая и составляла 18,0 %±1,7–45,0 %±2,1 со средневзвешенным баллом 0,27 ед.±0,04–0,92 ед.±0,13. В наименьшей степени за годы исследований повреждался сорт мягкой пшеницы Саратовская 42 (9,0 %±1,05, 0,26 ед.±0,03). У образцов пшеницы разновидностей *graecum*, *leucurum* и *lusitanicum* в среднем поврежденность варьировала от 17,9 %±1,5 до 19,6 %±3,1, средневзвешенный балл 0,47 ед.±0,07–0,59 ед.±0,07. Разновидность *megalopolitanum* тургидной пшеницы была представлена двумя образцами сорта Донской янтарь. В среднем за годы исследований поврежденность сорта не превышала 7,0%±0,9 при средневзвешенном балле 0,2 ед.±0,04.

Среди исследуемой твердой пшеницы разновидности *hordeiforme* преобладали сорта с поврежденностью зерна черепашками менее 10,0 %: Салют Алтая (6,2 %±1,0; 0,11 ед.±0,02), Солнечная 573 (6,5 %±0,9; 0,12 ед.±0,02), Памяти Янченко (7,1 %±1,2; 0,13 ед.±0,03). Частота встречаемости сильно повреждаемых сортов среди данной разновидности не превышала 42,9 %.

Таким образом, на основании сравнительного анализа образцов пшеницы разных разновидностей можно заключить, что цвет зерна

не влияет на поврежденность клопами-черепашками. Вариабельность в интенсивности повреждения зерна клопами внутри разновидности связана с различиями в структуре архитектоники колоса, в строении мозаики эндосперма, в скорости прохождения фенологических фаз роста и развития в период вегетации растения. Следовательно, слабо повреждаемые сорта в наших исследованиях несут в себе комплекс морфологических и биохимических иммунологических барьеров, которые снижают поврежденность зерна черепашками.

Результаты сравнения поврежденности клопами-черепашками зерна пшеницы из разных агроклиматических условий в основном не показали существенной разницы (рис. 2).

Так, средняя поврежденность черепашками зерна сортов мягкой пшеницы Станичная, Дон 95 и Таня в Ростовской области составляла $12,5\% \pm 2,5$, $12,9\% \pm 1,2$ и $13,0\% \pm 1,0$; в Ставропольском крае – $13,8\% \pm 1,7$, $14,2\% \pm 1,0$ и $11,8\% \pm 1,0$ соответственно. Похожая ситуация отмечается у сортов мягкой пшеницы Батько, Гром и Юка: в Ростовской области поврежденность зерна у сортов достигала $24,4\% \pm 0,9$, $24,8\% \pm 3,6$ и $29,1\% \pm 1,5$, в Краснодарском крае – $35,4\% \pm 1,9$, $29,4\% \pm 3,5$ и $30,9\% \pm 3,1$. У сортов мягкой пшеницы Саратовская 73 и Саратовская 55 средняя поврежденность зерна в Саратовской области не превышала $18,1\% \pm 2,6$, в Волгоградской области достигала $21,2\% \pm 1,4$ – $25,2\% \pm 1,6$.

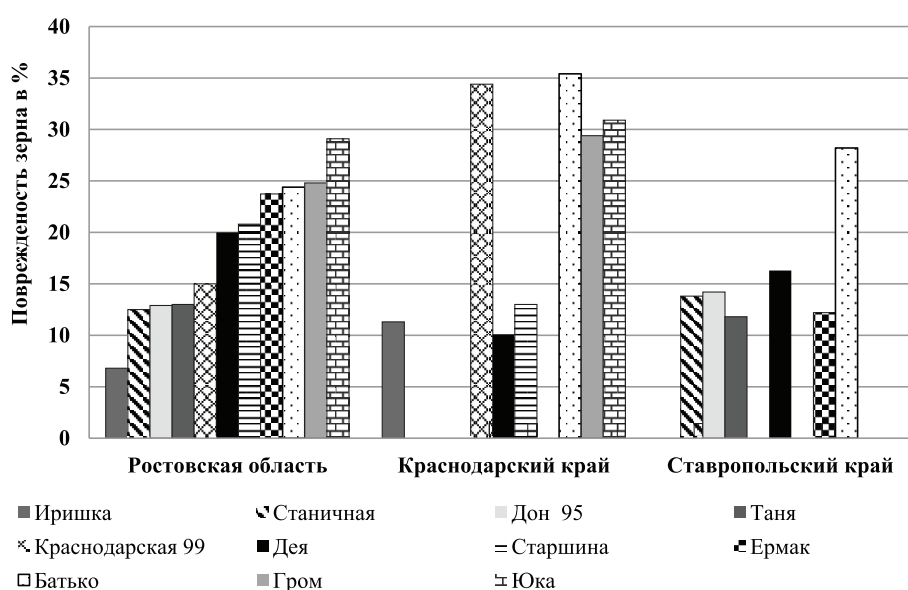


Рис. 2. Поврежденность клопами-черепашками зерна пшеницы в разных регионах России (на примере 11 сортов)

Fig. 2. Corn bug damage degree of wheat grains in different regions of Russia (on the example of 11 varieties)

Значимые изменения в уровне поврежденности черепашками зерна в разных агроклиматических условиях отмечались у 5 исследуемых сортов пшеницы. Так, средняя поврежденность зерна сорта мягкой пшеницы Иришка в Ростовской области не превышала $6,8\% \pm 0,6$, в Краснодарском крае возрастала до $11,3\% \pm 3,0$.

У сорта мягкой пшеницы Краснодарская 99 в Ростовской области поврежденность зерна составила $15,0\% \pm 1,1$, а в Краснодарском крае – $34,4\% \pm 3,6$. У сортов мягкой пшеницы Дея и Старшина средняя поврежденность клопами-черепашками зерна в Краснодарском крае не превышала $10,1\% \pm 0,7$ и $13,0\% \pm 1,4$, в Ростовской области увеличивалась до $20,0\% \pm 3,2$ и $20,8\% \pm 1,3$ соответственно. У сорта мягкой пшеницы Мироновская 808 средняя поврежденность зерна в Тамбовской области не превышала $8,6\% \pm 1,2$, в Саратовской области достигала $41,2\% \pm 5,1$.

Выявленные различия в поврежденности зерна сортов пшеницы в разных агроклиматических условиях связаны, вероятно, с их экологической пластичностью и устойчивостью к воздействию клопов. Последние пять названных сортов пшеницы сильнее реагируют на изменение климатических и технологических условий выращивания, что изменяет их устойчивость к воздействию неблагоприятных биотических факторов, в том числе и к повреждениям клопами-черепашками. У большинства же исследуемых сортов пшеницы наблюдается сохранение поврежденности клопами зерна примерно на одном уровне в разных зонах возделывания, что говорит об их способности приспосабливаться к любым экологическим условиям и стабильности иммунологических ответов на повреждения черепашками. Кроме этого, исследуемые образцы пшеницы в основном произрастали в зонах умеренной (Саратовская, Самарская и Волгоградская

области) и высокой (Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская область) вредоносности черепашек, где даже в годы депрессии численность клопов может достигать экономического порога вредоносности.

Выводы. Проведенные исследования показали, что клопы рода *Eurygaster* одинаково повреждают зерно разных видов, разновидностей и форм пшеницы. При этом в каждой группе видов пшеницы присутствовали как слабо повреждаемые, так и сильно повреждаемые клопами сорта. Определено, что среди 108 исследуемых сортов пшеницы только 16 сортов характеризовались низкой поврежденностью зерна (до 10,0 %). В наименьшей степени повреждались клопами-черепашками следующие сорта мягкой пшеницы: Утриш, Юнион, Алтайская жница. Абсолютно устойчивых сортов к повреждениям клопов-черепашек не обнаружено.

Выявлено, что наибольшее количество слабо повреждаемых черепашками образцов зерна выявилось среди сортов яровой твердой пшеницы разновидности *hordeiforme* (42,9 %).

Показано, что в разных агроклиматических условиях возделывания у большинства исследуемых образцов пшеницы поврежденность клопами зерна сохраняется примерно на одном уровне.

Благодарность. Автор выражает искреннюю благодарность за присланный материал для исследований сотрудникам Ростовской НИЛ ФГБНУ ВИЗР, Саратовской НИЛ ФГБНУ ВИЗР, Белгородской НИЛ ФГБНУ ВИЗР, Славянской опытной станции защиты растений ФГБНУ ВИЗР, Алтайскому НИИ сельского хозяйства ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий».

Библиографические ссылки

1. Капусткина А.В., Хилевский В.А. Динамика численности и вредоносности вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) в посевах зерновых культур степной зоны Предкавказья // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99, № 1. С. 71–78. DOI: 10.31857/S0367144520010062.
2. Ленточкин А.М. Состояние производства и потребления зерна // Пермский аграрный вестник. 2019. № 2 (26). С. 78–87.
3. Рустанов Х.Н. Биоразнообразие и ареал распространения ди- и тетраплоидных видов *Triticum* L. в Азербайджане // Биосфера. 2022. Т. 14, № 4. С. 379–384. DOI: 10.24855/biosfera.v14i4/696.
4. Слободчиков А.А. Влияние защиты растений на продуктивность сортов яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 2, С. 10–14. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10202.
5. Фурсов С.В. Роль пшеницы в реализации экспортного потенциала зернового рынка на основе достижений селекции // АПК: экономика, управление. 2018. № 5. С. 40–51. DOI: 10.33305/185-40.
6. Davari A., Parker B.L. A review of research on Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae)) management published 2004–2016 // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2018. Vol. 21, Iss. 1. P. 352–360. DOI: 10.1016/j.aspen.2018.01.016.
7. Ghanbari S., Pourabad R.F., Ashouri S. Influence of wheat cultivars on digestive enzyme activity and protein content of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Hem.: Scutelleridae) // Journal Crop Prot. 2022. Vol. 11 (1). P. 107–119.
8. Kapustkina A.V., Frolov A.N. Wheat Grain Damage by *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera, Scutelleridae): Diagnostics and Detection Methods // Entomological Review. 2022. Vol. 102, № 1. P. 1–13. DOI: 10.1134/S0013873822010043.
9. Mesterházy A., Oláh J., Popp J. Losses in the Grain Supply Chain: Causes and Solutions // Sustainability. 2020. Vol. 12, Iss. 6. Article number: 2342. DOI: 10.3390/su12062342.
10. Nasrollahi S., Badakhshan H., Sadeghi A. Analyzing Sunn pest resistance in bread wheat genotypes using phenotypic characteristics and molecular markers. *Physiol Mol Biol Plants*. 2019 Vol. 25(3). P. 765–778. DOI: 10.1007/s12298-019-00662-8.
11. Neimorovets V. Review of the genus *Eurygaster* (Hemiptera: Heteroptera: Scutelleridae) of Russia // Zootaxa. 2020. Vol. 4722, Iss. 6. P. 501–539. DOI: 10.11646/zootaxa.4722.6.1.
12. Padmavathi Ch., Padmaja P.G. Insect resistance in field crops // Indian Journal of Entomology. 2022. Iss. 84. P. 1–28. DOI: 10.55446/IJE.2022.91.
13. Rapaport A., Quinn E., Harush A., Kostyukovsky M., Bonfil D.J. Bonfil Damage of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. on wheat quality in Israel // International Journal of Plant Biology & Research. 2019. № 3. P. 1–3. DOI: 10.47739/2333-6668/1113.

References

1. Kapustkina A.V., Khilevskii V.A. Dinamika chislennosti i vredonosnosti vrednoi cherepashki *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) v posevakh zernovykh kul'tur stepnoi zony Predkavkaz'ya [Dynamics of abundance and harmfulness of the harmful corn bugs *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) in grain crops of the steppe zone of Pre-Caucasus] // Entomologicheskoe obozrenie. 2020. T. 99, № 1. S. 71–78. DOI: 10.31857/S0367144520010062.
2. Lentochnik A.M. Sostoyaniye proizvodstva i potrebleniya zerna [The state of production and consumption of grain] // Permskii agrarnyi vestnik. 2019. № 2 (26). S. 78–87.
3. Rustanov Kh. N. Bioraznoobrazie i areal rasprostraneniye di- i tetraploidnykh vidov *Triticum* L. v Azerbaidzhane [Biodiversity and distribution range of di- and tetraploid *Triticum* L. species in Azerbaijan] // Biosfera. 2022. T. 14, № 4. S. 379–384. DOI: 10.24855/biosfera.v14i4/696.

4. Slobodchikov A.A. Vliyanie zashchity rastenii na produktivnost' sortov yarovoi pshenitsy [Effect of plant protection on the productivity of spring wheat varieties] // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 2. S. 10–14. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10202.
5. Fursov S.V. Rol' pshenitsy v realizatsii eksportnogo potentsiala zernovogo rynka na osnove dostizhenii selektsii [The role of wheat in realizing the export potential of the grain market based on breeding achievements] // APK: ekonomika, upravlenie. 2018. № 5. S. 40–51. DOI: 10.33305/185-40.
6. Davari A., Parker B.L. A review of research on Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae)) management published 2004–2016 // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2018. Vol. 21, Iss. 1. P. 352–360. DOI: 10.1016/j.aspen.2018.01.016.
7. Ghanbari S., Pourabad R.F., Ashouri S. Influence of wheat cultivars on digestive enzyme activity and protein content of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Hem.: Scutelleridae) // Journal Crop Prot. 2022. Vol. 11 (1). P. 107–119.
8. Kapustkina A.V., Frolov A.N. Wheat Grain Damage by *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera, Scutelleridae): Diagnostics and Detection Methods // Entomological Review. 2022. Vol. 102, № 1. P. 1–13. DOI: 10.1134/S0013873822010043.
9. Mesterházy A., Oláh J., Popp J. Losses in the Grain Supply Chain: Causes and Solutions // Sustainability. 2020. Vol. 12, Iss. 6. Article number: 2342. DOI: 10.3390/su12062342.
10. Nasrollahi S., Badakhshan H., Sadeghi A. Analyzing Sunn pest resistance in bread wheat genotypes using phenotypic characteristics and molecular markers. Physiol Mol Biol Plants. 2019. Vol. 25(3), P. 765–778. DOI: 10.1007/s12298-019-00662-8.
11. Neimorovets V. Review of the genus *Eurygaster* (Hemiptera: Heteroptera: Scutelleridae) of Russia // Zootaxa. 2020. Vol. 4722, Iss. 6. P. 501–539. DOI: 10.11646/zootaxa.4722.6.1.
12. Padmavathi Ch., Padmaja P.G. Insect resistance in field crops // Indian Journal of Entomology. 2022. Iss. 84. P. 1–28. DOI: 10.55446/IJE.2022.91.
13. Rapaport A., Quinn E., Harush A., Kostyukovsky M., Bonfil D.J. Bonfil Damage of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. on wheat quality in Israel // International Journal of Plant Biology & Research. 2019. № 3. P. 1–3. DOI: 10.47739/2333-6668/1113.

Поступила: 11.04.23; доработана после рецензирования: 18.05.23; принята к публикации: 19.05.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное право и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Капусткина А. В. – отбор зерна из присланных образцов пшеницы и его оценка на поврежденность клопами-черепашками (в соответствии с ГОСТ 33538-2015); сбор, статистическая обработка и интерпретация данных; подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ЛИСТОВОЙ БУРОЙ РЖАВЧИНЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Данил Ф. Асхадуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2606-6735;

Дамир Ф. Асхадуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

Н. З. Василова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

М. Р. Тазутдинова, научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

И. И. Хусаинова, научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221;

Г. Р. Гайфуллина, младший научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-0942-8321

Татарский НИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, 420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 48

Листовая бурая ржавчина – вредоносное заболевание пшеницы, регистрирующееся ежегодно в посевах на территории Республики Татарстан. Устойчивость сортов к этой болезни контролируется *Lr* генами, которых к настоящему известно более 70 шт. Большая часть из них потеряла эффективность. Изучение эффективности 54 генов устойчивости и их комбинаций к бурой листовой ржавчине с 2011 по 2022 г. являлось целью наших исследований. Объектами исследования служил набор изогенных линий и сортов тестеров с идентифицированными *Lr* генами. Степень поражения бурой листовой ржавчиной проведена по максимальному поражению в фазу «молочная – начало восковой спелости зерна» в условиях естественного инфекционного фона. Степень поражения бурой листовой ржавчиной определяли в процентах по шкале Петерсона. Установлено, что высокую эффективность в условиях Республики Татарстан продолжают показывать гены *Lr 19*, *Lr 38*, *Lr 47*, *Lr 49*, *LrAg (i)*, *LrKu*. Эффективность гена *Lr 19* возрастает в составе пирамид с генами *Lr 26*, *Lr 23*, *Lr 14a*, *LrBz*. Моногенная устойчивость к бурой ржавчине сохраняется уже 12 лет у образца Pavon derivative (PI 603918), несущего ген *Lr 47*. В период 2019–2022 гг. было характерно снижение степени поражения пшеницы бурой листовой ржавчиной, в таких условиях только полевая оценка селекционного материала на устойчивость не может обеспечить гарантии создания сортов пшеницы, иммунной к этой болезни.

Ключевые слова: пшеница, ржавчина, вирулентность, устойчивость, ген.

Для цитирования: Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Тазутдинова Е. В., Хусаинова И. И., Гайфуллина Г. Р. Характеристика эффективности генов устойчивости к листовой бурой ржавчине яровой пшеницы в условиях Республики Татарстан // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 109–113. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-109-113.



CHARACTERISTICS OF THE EFFICIENCY OF LEAF RUST RESISTANCE GENES OF SPRING WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Danil F. Askhadullin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2606-6735;

Damir F. Askhadullin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

N. Z. Vasilova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

M. R. Tazutdinova, researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

I. I. Khusainova, researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221;

G. R. Gaifullina, junior researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-0942-8321

Tatar Research Institute of Agriculture, a separate structural subdivision of the FRC Kazan Research Center RAS, 420059, Republic of Tatarstan, Kazan, Orenburgsky Trakt Str., 48

Leaf rust is a harmful wheat disease of, which is annually identified in crops in the territory of the Republic of Tatarstan. The disease resistance of the varieties is controlled by *Lr* genes, of which more than 70 are known at present. Most of them have lost their effectiveness. The purpose of the current work was to study the efficiency of 54 leaf rust resistance genes and their combinations from 2011 to 2022. The object of the study was a set of isogenic lines and test-varieties with identified *Lr* genes. The damage degree by leaf rust was estimated according to the maximum infestation, identified in the period 'milk – beginning of a kernel wax ripeness' under conditions of a natural infectious background. The damage degree by leaf rust was determined as a percentage according to the Peterson scale. There

has been established that the genes *Lr 19*, *Lr 38*, *Lr 47*, *Lr 49*, *Lr Ag (i)*, *Lr Ku* keep showing high efficiency in the conditions of the Republic of Tatarstan. The efficiency of the gene *Lr 19* has increased in pyramids with genes *Lr 26*, *Lr 23*, *Lr 14a*, and *Lr Bz*. Monogenic resistance to leaf rust has been maintained for 12 years in the sample 'Pavon derivative' (PI 603918), carrying the gene *Lr 47*. In the period of 2019–2022 there was identified a decrease in wheat damage degree by leaf rust. Though under such conditions, a field estimation of breeding material for resistance cannot guarantee the development of wheat varieties immune to this disease.

Keywords: wheat, rust, virulence, resistance, gene.

Введение. Листовая бурая ржавчина, возбудитель гриб *Puccinia triticina* Erikss. (= *P. recondita* Rob. ex Desm f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.). Данный гриб имеет глобальное распространение и регистрируется в большинстве зон возделывания пшеницы, это обусловлено тем, что урединиоспоры гриба могут распространяться ветром на тысячи километров (Левитин и др., 2019; Kolmer et al., 2019), а также возможно распространение инфекции с участием человека (Kolmer et al., 2020). Вредоносность бурой ржавчины зависит от времени появления болезни. Так, при степени поражения флагового листа 50–60 % в фазу «начало колошения» потери урожая составляют 30 %, когда такой же уровень инфекции наблюдается в фазу молочной спелости, потери составляют 7 % (Huerta-Espino et al., 2011). За устойчивость к бурой ржавчине отвечают более 70 генов (Гуляева и др., 2020), для части из них зафиксированы аллеломорфы. Большая часть *Lr* генов в коммерческих сортах потеряла свою эффективность на территории России (Leonova et al., 2020; Gulyaeva et al., 2021). Для эффективной работы по созданию устойчивых к листовой ржавчине сортов пшеницы необходимы непрерывные, долгосрочные данные о вирулентности патогена к отдельным генам резистентности. Целью проведенного нами исследования было определить полевую устойчивость к бурой листовой ржавчине у образцов яровой мягкой пшеницы, несущих известные *Lr* гены в условиях Татарстана в период с 2011 по 2022 год.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2011–2022 гг. в Татарском НИИСХ – ФИЦ КазНЦ РАН, опытные поля которого расположены в Лаишевском районе Республики Татарстан. Почвы типич-

ные для зоны, серые лесные. По своим климатическим показателям лето в Татарстане стало приближаться к средиземноморскому, на основе данных ГТК, вегетационный период характеризуется как засушливый, ежегодно возникает почвенная засуха во второй половине вегетации (Шайтанов и др., 2021). Объектами исследования служил набор изогенных линий и сортов тестеров с идентифицированными *Lr* генами, часть из них изучалась во взаимодействии. Всего изучали 54 образца, которые высевали вручную в двукратной повторности по два ряда длиной 1 м с нормой посева 70 зерен в рядке. Срок посева начало – середина мая. В этой работестепень поражения бурой листовой ржавчиной приведена по максимальному поражению в фазу «молочная – начало восковой спелости зерна» в условиях естественного инфекционного фона. Степень поражения бурой листовой ржавчиной определяли в процентах по шкале Петерсона с соавт. (Peterson, et al., 1948). Статистическую обработку данных выполняли в программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. В период с 2011 по 2022 г. симптомы листовой ржавчины в посевах яровой мягкой пшеницы регистрировались ежегодно, максимальное поражение отмечалось в 2016 г., когда у 22 образцов степень поражения достигала 100 %. Минимальная степень поражения отмечалась в 2021 г., лишь по отдельным образцам она достигала 10 %, чему способствовали экстремальная засуха и низкая влажность воздуха в дневные часы, хотя первые единичные пустулы на посевах были отмечены уже 3 июня в фазу «выход в трубку».

Высокая степень устойчивости к местной популяции за последние годы наблюдений отмечалась у 10 образцов (табл. 1).

Таблица 1. Эффективные гены устойчивости к бурой листовой ржавчине в условиях Татарстана (2016–2022 гг.)

Table 1. Effective leaf rust resistance genes in the conditions of the Republic of Tatarstan (2016–2022)

Ген устойчивости	Образец	Максимальная степень поражения		Год, когда отсутствовали симптомы болезни
		%	год	
<i>Lr 19</i>	RL-6040	5	2016	2018–2022
<i>Lr 19+26</i>	Лютесценс 598	0	–	2016–2022
<i>Lr 19+23</i>	Лютесценс 540	3	2016	2017–2022
<i>Lr 19+14a</i>	Лютесценс 575	3	2016	2017–2022
<i>Lr 19+Bz*</i>	Лютесценс 516	0	–	2016–2022
<i>Lr 38</i>	RL-6097	15	2017	2018, 2020–2022
<i>Lr 47</i>	Pavon derivative (PI 603918)	0	–	2016–2022
<i>Lr 49</i>	Thatcher <i>Lr 49</i>	3	2016	2017, 2018, 2020–2022
<i>Lr Ag (i)**</i>	Саратовская 29 <i>Lr Ag (i)</i>	3	2016	2017–2022
<i>Lr Ku***</i>	Лютесценс13	3	2018	2016, 2017, 2019–2022

Примечание. * *LrBz* – ген с временным символом, привнесен в образец Лютесценс 516 от *T. timopheevii* через сорт Тулайковская белозерная; ** *Lr Ag (i)* – ген линии сорта Саратовская 29 с замещением пшеничной хромосомы 6*Ag1* хромосомой от *Agropyronintermedium*; *** *Lr Ku* – ген, переданный от спельты ssp. *kuskuckianum*.

Моногенная абсолютная устойчивость к бурой ржавчине сохраняется уже 12 лет у образца Pavon derivative (PI 603918), несущего ген *Lr47*, интрогрессированный в геном пшеницы из хромосомы 7S *Aegilops speltoides*. Данный ген пока мало используется в селекционных программах, так как интрогрессия чужеродного сегмента хромосомы, включающая *Lr47*, ведет к ухудшению некоторых хозяйственно ценных признаков (Тимонова и др., 2012).

У образцов Лютесценс 598 и Лютесценс 516, несущих комбинацию генов *Lr 19+26* и *Lr 19+Bz*, отсутствовали симптомы заболевания во все годы наблюдений. Ген *Lr 19*, входящий в эту пирамиду, высокоэффективен. В последние годы, начиная с 2018 г., симптомов заболевания у образца RL-6040, несущего этот ген, не регистрировалось. В то же время при обследо-

вании посевов пшеницы в Алексеевском районе республики Татарстан в 2021 г. отмечалось поражение сортов Архат и Тулайковская 108, вероятно, несущих ген *Lr 19*, на уровне 3–5 %, у восприимчивого сорта Хаят степень поражения составляла 60 %.

Самым распространенным в современных коммерческих сортах является ген *Lr 26*, интрогрессированный от ржи, который сдерживал бурую ржавчину длительное время, но быстрое накопление патотипов бурой ржавчины, вирулентных к *Lr 26*, привело к поражению образцов, несущих данный ген, по нашим наблюдениям, до 70 % в 2016 и в 2019 годах. В 2022 г. степень поражения изогенной линии Thatcher *Lr 26* (RL-6078), несущего ген *Lr 26*, составила 30 % (табл. 2).

Таблица 2. Изменение степени поражения бурой листовой ржавчиной образцов с различными генами устойчивости (2011–2022 гг.)

Table 2. Change of the leaf rust infestation degree of the samples with different resistance genes (2011–2022)

Ген устойчивости	Образец	2011–2014 гг.	2015–2018 гг.	2019–2022 гг.	SD*
<i>Lr 9</i>	RL-6010	0	5–55	0–20	39
<i>Lr 14a</i>	Thatcher <i>Lr 14a</i>	0–95	45–100	10–65	34
<i>Lr 23</i>	RL-6012	10–55	55–75	0–50	28
<i>Lr 24</i>	Thatcher	0	0–40	0–20	10
<i>Lr 26</i>	Thatcher <i>Lr 26</i>	0–40	20–70	10–70	24
<i>Lr 28</i>	Chinese Spring <i>Lr-28</i>	0	0–45	5–10	6
<i>Lr 29</i>	Chinese Spring <i>Lr 29</i>	0	0–50	5–40	21
<i>Lr 34</i>	RL-6058	0–40	50–100	0–65	33

Примечание. *: SD – стандартное отклонение.

Большая часть сортов, районированных в Средневолжском регионе до 1980-х гг., была защищена одним доминантным геном *Lr 23*, использование которого привело к появлению вирулентных рас. У образца RL-6012, несущего ген *Lr 23*, степень поражения бурой листовой ржавчиной которого достигала в нашем регионе 75 %, в 2022 г. составила 50 %. Ранее широко использующийся в селекционных программах ген *Lr 14a* также на сегодняшний момент не эффективен. Образцы, в генотипе которых только этот ген резистентности, поражаются в наших условиях до 100 %. В 2022 г. степень поражения изогенной линии Thatcher *Lr 14a* (RL-6013) составила 30 %. Гены *Lr 9* и *Lr 34*, по данным Е.И. Гуляевой, имеются в сортах, допущенных к использованию в Поволжье (Gulyaeva et al., 2021). Ген *Lr 9* в наших условиях средне эффективен, в период с 2011 по 2014 г. у образца RL-6010, несущего этот ген, симптомов болезни не регистрировалось, максимальное поражение отмечалось в 2016 г. – 55 %, в 2022 г. степень поражения составила 15 %. Ген *Lr 34* не эффективен в наших условиях. Высокая эффективность генов *Lr 24*, *Lr 28* и *Lr 29*, наблюдавшаяся в период с 2011 по 2014 г., теряется к настоящему времени.

Выводы. Вирулентные патотипы бурой ржавчины на ген *Lr 47* в условиях Татарстана к настоящему времени не сформировались.

Эффективность гена устойчивости *Lr 19* в составе пирамид с *Lr 26*, *Lr 23*, *Lr 14a*, *Lr Bz* повышается, что необходимо учитывать в селекционных программах на иммунитет к бурой ржавчине.

Для последних лет (2019–2022 гг.) было характерно снижение степени поражения пшеницы бурой листовой ржавчиной. В таких условиях только полевая оценка селекционного материала на устойчивость не может обеспечить гарантии создания сортов пшеницы, иммунной к этой болезни.

В настоящее время среди рекомендованных к возделыванию сортов яровой мягкой пшеницы в Республике Татарстан надежно защищены геном *Lr 19* от поражения бурой листовой ржавчиной сорта Архат, Тулайковская 108, Тулайковская Надежда и Ульяновская 105.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Татарского НИИСХ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН: № 122011800138-7.

Библиографические ссылки

1. Гуляева Е. И., Сибикеев С. Н., Дружин А. Е., Шайдаук Е. Л. Расширение генетического разнообразия сортов яровой мягкой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине (*Puccinia triticina* Eriks.)

в Нижнем Поволжье // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 1. С. 27–44. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.1.27rus.

2. Левитин М.М., Афанасенко О.С., Гагкаева Т.Ю., Ганнибал Ф.Б., Гультьяева Е.И., Мироненко Н.В. Популяционные исследования грибов – возбудителей болезней зерновых культур // Вестник защиты растений. № 4(102). 2019. С. 5–16. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16.

3. Тимонова Е.М., Леонова И.Н., Белан И.А., Россеева Л.П., Салина Е.А. Влияние отдельных участков хромосом *Triticum timopheevii* на формирование устойчивости к болезням и количественные признаки мягкой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 1. С. 142–159.

4. Шайтанов О.Л., Низамов Р.М., Захарова Е.И. Оценка влияния глобального потепления на климат Татарстана // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 4(40). С. 102–112. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-112.

5. Kolmer J.A., Ordoñez M.E., German S., Morgounov A., Pretorius Z., Visser B., Goyeau H., Anikster Y., Acevedo M. Multilocus Genotypes of the Wheat Leaf Rust Fungus *Puccinia triticina* in Worldwide Regions Indicate Past and Current Long-Distance Migration // Phytopathology. 2019. Vol. 109, № 8. P. 1453–1463. DOI: 10.1094/PHYTO-10-18-0411-R.

6. Kolmer J.A., Herman A., Ordoñez M.E., German S., Morgounov A.Z., Visser B., Anikster Y., Acevedo M. Endemic and panglobal genetic groups, and divergence of host-associated forms in worldwide collections of the wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* as determined by genotyping by sequencing // Heredity. 2020. Vol. 124, P. 397–409. DOI: 10.1038/s41437-019-0288-x.

7. Gulyaeva E., Shaydayuk E., Gannibal P. Leaf Rust Resistance Genes in Wheat Cultivars Registered in Russia and Their Influence on Adaptation Processes in Pathogen Populations // Agriculture. 2021. Vol. 11(4), Article number: 319. DOI: 10.3390/agriculture11040319.

8. Huerta-Espino J., Singh R.P., Germán S., McCallum B.D., Park R.F., Chen W.Q., Bhardwaj S.C., Goyeau H. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina* // Euphytica. 2011. Vol. 179, P. 143–160. DOI: 10.1007/s10681-011-0361-x.

9. Leonova I.N., Skolotneva E.S., Salina E.A. Genome-wide association study of leaf rust resistance in Russian spring wheat varieties // BMC Plant Biology. 2020. Vol. 20, Article number: 135. DOI: 10.1186/s12870-020-02333-3.

10. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

References

1. Gul'tyaeva E. I., Sibikeev S.N., Druzhin A.E., Shaidayuk E.L. Rasshirenie geneticheskogo raznoobraziya sortov yarovoi myagkoi pshenitsy po ustoichivosti k buroi rzhavchine (*Puccinia triticina* Eriks.) v Nizhnem Povolzh'e [Increase of the genetic diversity of spring common wheat varieties according to leaf rust resistance (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Lower Volga region] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. T. 55, № 1. S. 27–44. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.1.27rus.

2. Levitin M.M., Afanasenko O.S., Gagkaeva T. Yu., Gannibal F.B., Gul'tyaeva E. I., Mironenko N.V. Populyatsionnye issledovaniya gribov – vzbuditelei boleznei zernovykh kul'tur [Population study of fungi as causative agents of diseases of grain crops] // Vestnik zashchity rastenii. № 4(102). 2019. S. 5–16. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16.

3. Timonova E.M., Leonova I.N., Belan I.A., Rosseeva L.P., Salina E.A. Vliyanie ot del'nykh uchastkov khromosom *Triticum timopheevii* na formirovanie ustoichivosti k boleznyam i kolichestvennyye priznaki myagkoi pshenitsy [The effect of individual regions of *Triticum timopheevii* chromosomes on the formation of resistance to diseases and quantitative traits of common wheat] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2012. T. 16, № 1. S. 142–159.

4. Shaitanov O.L., Nizamov R.M., Zakharova E.I. Otsenka vliyaniya global'nogo potepleniya na klimat Tatarstana [Estimation of the impact of global warming on the climate of Tatarstan] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 4(40). S. 102–112. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-112.

5. Kolmer J.A., Ordoñez M.E., German S., Morgounov A., Pretorius Z., Visser B., Goyeau H., Anikster Y., Acevedo M. Multilocus Genotypes of the Wheat Leaf Rust Fungus *Puccinia triticina* in Worldwide Regions Indicate Past and Current Long-Distance Migration // Phytopathology. 2019. Vol. 109, № 8. P. 1453–1463. DOI: 10.1094/PHYTO-10-18-0411-R.

6. Kolmer J.A., Herman A., Ordoñez M.E., German S., Morgounov A., Z., Visser B., Anikster Y., Acevedo M. Endemic and panglobal genetic groups, and divergence of host-associated forms in worldwide collections of the wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* as determined by genotyping by sequencing // Heredity. 2020. Vol. 124, P. 397–409. DOI: 10.1038/s41437-019-0288-x.

7. Gulyaeva E., Shaydayuk E., Gannibal P. Leaf Rust Resistance Genes in Wheat Cultivars Registered in Russia and Their Influence on Adaptation Processes in Pathogen Populations // Agriculture. 2021. Vol. 11(4), Article number: 319. DOI: 10.3390/agriculture11040319.

8. Huerta-Espino J., Singh R.P., Germán S., McCallum B.D., Park R.F., Chen W.Q., Bhardwaj S.C., Goyeau H. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina* // Euphytica. 2011. Vol. 179, P. 143–160. DOI: 10.1007/s10681-011-0361-x.

9. Leonova I.N., Skolotneva E.S., Salina E.A. Genome-wide association study of leaf rust resistance in Russian spring wheat varieties // BMC Plant Biology. 2020. Vol. 20, Article number: 135. DOI: 10.1186/s12870-020-02333-3.

10. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

Поступила: 19.03.23; доработана после рецензирования: 26.06.23; принята к публикации: 26.06.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н.З. – концептуализация исследования, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р. – подготовка опыта, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕРБИЦИДА АКСИАЛ КРОСС В ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А. С. Голубев, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Центра биологической регламентации использования пестицидов, golubev100@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0003-0303-7442
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»,
196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 3

В статье представлены результаты двухлетних (2018–2019 гг.) исследований, целью которых было изучение эффективности гербицида Аксиал Кросс, КЭ (45 г/л пиноксадена + 5 г/л флорасулама + 11,25 г/л антидота клоквинтосет-мексила) в 6 регионах Российской Федерации: в Волгоградской области на посевах пшеницы озимой сорта Ершовская, в Воронежской области на посевах пшеницы озимой сорта Скипетр (2018 г.) и сорта Снигурка (2019 г.), в Алтайском крае на посевах пшеницы яровой сорта Алтайская жница, в Омской области на посевах пшеницы яровой сорта Уралосибирская, в Свердловской области на посевах ячменя ярового сорта Ача, в Краснодарском крае на посевах ячменя озимого сорта Рубеж. Опыты закладывали на делянках размером 25 м² в четырехкратной повторности. Оценку засоренности посевов проводили количественным методом до проведения обработки, через 30 и 45 дней после нее и перед уборкой урожая. Эффективность гербицида рассчитывали по отношению к необработанному контролю. Установлено, что использование препарата Аксиал Кросс, КЭ в нормах применения 0,7–0,9–1,1 л/га обеспечивало высокую степень подавления как злаковых, так и двудольных сорных растений. В максимальной норме применения эффективность препарата против щетинника сизого, овсяга обыкновенного, щетинника зеленого, пастушьей сумки, мака-самосейки и гречишки выюнковой достигала 100 %, против метлицы обыкновенной – 97,4 %, против подмаренника цепкого – 95,6 %. Против бодяка полевого, осота полевого и выюнка полевого эффективность была средней – до 68,1–77,7 %. Наибольшие прибавки урожайности после использования гербицида Аксиал Кросс, КЭ были получены в Воронежской области на посевах пшеницы озимой – от 0,88 т/га (сорт Скипетр) до 1,65 т/га (сорт Снигурка).

Ключевые слова: пшеница, ячмень, сорняки, гербицид, эффективность.

Для цитирования: Голубев А. С. Оценка эффективности гербицида Аксиал Кросс в посевах зерновых культур // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 114–118. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-114-118.



ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF THE HERBICIDE 'AXIAL CROSS' FOR GRAIN CROPS

A. S. Golubev, Candidate of Biological Sciences, leading researcher
of the Center of biological regulation of the use of pesticides, golubev100@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0003-0303-7442
FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection,
196608, St. Petersburg, Pushkin, Podbelsky Av., 3

The current paper has presented the results of a two-year study (2018–2019), the purpose of which was to study the efficiency of the herbicide 'Axial Cross, EC' (45 g/l of pinoxaden + 5 g/l of florasulam + 11.25 g/l of antidote cloquintose-mexil) in 6 regions of the Russian Federation, namely on the crops of winter wheat variety 'Ershovskaya' in the Volgograd region, on the crops of winter wheat varieties 'Skipetr' (2018) and 'Snigurka' (2019) in the Voronezh region, on the crops of spring wheat variety 'Altaiskaya Zhnitsa' in the Altai Territory, on the crops of spring wheat variety 'Uralosibirskaya' in the Omsk Region, on the crops of spring barley variety 'Acha' in the Sverdlovsk Region, on the crops of winter barley variety 'Rubezh' in the Krasnodar Territory. The trials were laid on plots of 25 m² in four sequences. The weed infestation of crops was estimated by a quantitative method before the treatment, in 30 and 5 days after it and before harvesting. The efficiency of the herbicide was calculated in relation to the untreated control. There has been established that the use of 'Axial Cross, EC' at application rates of 0.7–0.9–1.1 l/ha has provided a high degree of suppression of both cereals and dicotyledonous weeds. At the maximum rate of application, there was a 100 % efficiency of the herbicide against yellow-foxtail grass, wild oats, green-foxtail grass, blind weed, canker rose and black bindweed, 97.4 % against loose silky bent, 95.6 % against airif (catchweed). There was up to 68.1–77.7 % efficiency against Canadian thistle, corn sow thistle and field bindweed. The greatest yield increase after the use of the herbicide 'Axial Cross, EC' was obtained from the winter wheat varieties 'Skipetr' (0.88 t/ha) and 'Snigurka' (1.65 t/ha) in the Voronezh region.

Keywords: wheat, barley, weeds, herbicide, efficiency

Введение. Зерновые культуры – основа всего агропромышленного комплекса нашей страны. Согласно данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации площадь под зерновыми и зернобобовыми культурами в 2023 г. предварительно составит

47,6 млн га, что на 136 тыс. га больше, чем в предыдущем году. При этом, Минсельхоз оценивает валовой сбор на уровне 125–127 млн т зерна (URL: mcsx.gov.ru).

Одним из резервов для повышения урожайности зерновых культур является устранение

конкуренции со стороны вредных организмов, и прежде всего сорных растений (Фетюхин и Баранов, 2019). Гербициды являются наиболее эффективными и экономически оправданными средствами уничтожения сорных растений в посевах зерновых культур (Меконен, 2022). Ввиду высокой частоты встречаемости на полях с зерновыми культурами представителей всех групп сорных растений (злаковых и двудольных, однолетних и многолетних) высокий интерес в последние годы вызывает появление новых комбинированных препаратов, способных контролировать большой спектр травянистой растительности (Golubev, 2022; Patel et al., 2023).

Основой для создания таких препаратов, как правило, являются проверенные в условиях производства действующие вещества, в частности, широко известные граминициды. Базой нового гербицида Аксиал Кросс, КЭ является гербицид Аксиал, КЭ, содержащий 45 г/л пиноксадена и 11,25 г/л антидота клокви́нтосет-мексила, эффективность которого против злаковых сорняков (таких как метлица полевая) была подтверждена полевыми исследованиями (Арте́мьева и др., 2021). В качестве нового компонента в препарат Аксиал Кросс, КЭ был добавлен флорасулам (5 г/л), который обеспечивает активность в отношении ряда двудольных сорных растений.

Цель настоящей работы – оценить эффективность нового гербицида Аксиал Кросс, КЭ против отдельных видов злаковых и двудольных сорных растений в посевах зерновых культур.

Материалы и методы исследований.

Исследования были проведены в течение двух вегетационных периодов 2018 и 2019 годов. Опыты были заложены в соответствии с требованиями к актуальным «Методическим указаниям по изучению гербицидов в сельском хозяйстве» (2013) в 6 регионах: в Волгоградской области на посевах пшеницы озимой сорта Ершовская, в Воронежской области на посевах пшеницы озимой сорта Скипетр (2018 г.) и сорта Снигурка (2019 г.), в Алтайском крае на посевах пшеницы яровой сорта Алтайская жница, в Омской области на посевах пшеницы яровой сорта Уралосибирская, в Свердловской области на посевах ячменя ярового сорта Ача, в Краснодарском крае на посевах ячменя озимого сорта Рубеж.

Размер делянок в опытах составлял 25 м²; повторность – четырехкратная. Схема опыта предполагала внесение гербицида Аксиал Кросс, КЭ в трех нормах применения: 0,7, 0,9 и 1,1 л/га. В качестве эталона для сравнительной оценки влияния на злаковые сорняки использовали гербицид Аксиал, КЭ (45 г/л пиноксадена + 11,25 г/л антидота клокви́нтосет-мексила), который вносили в норме применения 0,7 л/га. Контролем был участок посева без каких-либо обработок гербицидами.

Обработку посевов зерновых осуществляли с помощью ручных опрыскивателей весной в ранние фазы роста сорных растений (от 2–3 до 5 листьев), когда зерновые культуры находились в фазах от кущения до формирования второго междоузлия. Расход рабочей жидкости составлял от 200 до 300 л/га.

Учеты сорняков проводили перед внесением гербицидов, через 30 и 45 дней после проведения обработки и перед уборкой урожая. Для учетов использовали количественный метод, подсчитывая число сорняков на каждой делянке с помощью 4 учетных рамок размером 0,25 м² каждая.

Для подсчета эффективности гербицидов использовали формулу $E = (K - G) / K \times 100$, где E – эффективность гербицида (%), K – количество сорных растений в контроле (экз./м²), G – количество сорных растений в варианте с применением гербицида (экз./м²).

Урожай убирали отдельно с каждой делянки опыта с помощью малогабаритных селекционных комбайнов (Сампо 2010, ХЕГЕ 125) или вручную методом пробных снопов с площади 1 м². Статистическую обработку полученных при уборке урожая данных проводили с помощью метода однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение. Опыты проводили на высоком фоне засоренности посевов зерновых культур сорняками. Наиболее сильная засоренность отмечалась в Свердловской и Воронежской областях: до 283 и 254,1 экз./м² соответственно. Наименее засоренными были посевы в Волгоградской и Омской областях: до 42,7 и 65,2 экз./м² соответственно.

Нами была изучена степень чувствительности отдельных видов к гербициду Аксиал Кросс, КЭ (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность гербицида Аксиал Кросс, КЭ (% снижения к контролю) против отдельных видов злаковых и двудольных сорных растений (2018–2019 гг.)
Table 1. Efficiency of the herbicide 'Axial Cross', EC (the per cent of decrease to control) against certain types of cereals and dicotyledonous weeds (2018–2019)

Виды сорных растений	Аксиал Кросс, КЭ			Аксиал, КЭ (0,7 л/га)	Засоренность контроля, экз./м²	Область/край
	0,7 л/га	0,9 л/га	1,1 л/га			
Злаковые виды сорных растений						
Щетинник сызый	100	100	100	100	15,5	Волгоградская область
Овсюг обыкновенный	92,8	97,0	100	94,3	20,2	Алтайский край
	80,0	98,1	100	93,8	2,3	Свердловская область
	86,6	93,8	100	87,0	9,2	Краснодарский край
	86,2	88,4	91,8	90,2	13,7	Омская область

Продолжение табл. 1

Виды сорных растений	Аксиал Кросс, КЭ			Аксиал, КЭ (0,7 л/га)	Засоренность контроля, экз./м ²	Область/край
	0,7 л/га	0,9 л/га	1,1 л/га			
Щетинник зеленый	100	100	100	100	56,5	Алтайский край
	45,7	57,2	71,2	52,5	81,5	Свердловская область
Метлица обыкновенная	90,8	96,7	97,4	92,0	138,5	Воронежская область
Лисохвост мышехвостниковидный	83,6	91,2	99,1	83,6	19,8	Краснодарский край
Просо сорное	86,0	90,2	93,8	78,2	15,0	Алтайский край
	69,7	80,3	86,5	83,7	42,5	Омская область
Ежовник обыкновенный	79,3	86,6	95,8	77,5	41,3	Омская область
	66,7	81,6	83,4	96,6	2,3	Свердловская область
Двудольные виды сорных растений						
Подмаренник цепкий	95,0	95,6	95,6	0	18,1	Воронежская область
	78,9	83,4	88,3	0	18,3	Краснодарский край
	84,2	86,5	87,4	0	6,3	Омская область
	53,0	57,1	85,0	0	21,5	Свердловская область
Пастушья сумка	100	100	100	0	19,6	Воронежская область
Мак-самосейка	89,2	93,1	100	0	10,2	Краснодарский край
Гречишка вьюнковая	100	100	100	0	6,0	Волгоградская область
	84,1	84,8	81,9	0	3,2	Воронежская область
	64,0	71,9	84,4	0	13,1	Омская область
	34,3	55,0	61,7	0	5,0	Алтайский край
	36,4	44,9	50,7	0	7,0	Свердловская область
Бодяк полевой	29,9	70,7	74,6	0	1,5	Воронежская область
	52,5	54,0	70,3	0	9,9	Омская область
	29,1	55,7	55,0	0	2,0	Свердловская область
Осот полевой	58,7	62,8	68,1	0	9,4	Краснодарский край
	37,6	49,2	51,6	0	35,2	Омская область
Вьюнок полевой	40,7	72,0	77,7	0	6,5	Алтайский край
	28,4	38,8	46,8	0	24,3	Омская область
Марь белая	55,5	66,5	89,0	0	3,0	Алтайский край
	41,9	26,6	21,6	0	6,3	Воронежская область
	36,7	41,9	53,7	0	6,5	Омская область
	0	3,8	23,1	0	26,5	Свердловская область

Из группы злаковых (однодольных) сорных растений в опытах встречались: щетинник сизый – *Setaria glauca* (L.) Beauv.; овсюг обыкновенный – *Avena fatua* L.; щетинник зеленый – *Setaria viridis* (L.) Beauv.; метлица обыкновенная – *Apera spica-venti* (L.) Beauv.; лисохвост мышехвостниковидный – *Alopecurus myosuroides* Huds.; просо сорное – *Panicum miliaceum* ssp. *ruderales* (Kitag.) Tzvelev; ежовник обыкновенный – *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.

По отношению ко всем перечисленным видам злаковых сорняков эффективность гербицида Аксиал Кросс, КЭ была чрезвычайно высокой и находилась на уровне эффективности эталона Аксиал, КЭ. Против щетинника сизого, овсюга обыкновенного и щетинника зеленого она достигала 100% (1,1 л/га). Следует также отметить высокую эффективность 0,7–1,1 л/га изучаемого препарата (90,8–97,4 %) против метлицы обыкновенной, количество которой в необработанном контроле в условиях Воронежской области составляло 138,5 экз./м².

Из группы малолетних двудольных сорняков в опытах встречались: подмаренник цепкий – *Galium aparine* L.; пастушья сумка – *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.; мак-самосейка – *Papaver rhoeas* L.; гречишка

вьюнковая – *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love; марь белая – *Chenopodium album* L. и некоторые другие сорные растения. Против подмаренника цепкого эффективность 1,1 л/га препарата Аксиал Кросс, КЭ достигала 95,6 %, против пастушья сумки, мака-самосейки и гречишки вьюнковой – 100 %. Марь белая в большинстве регионов проявляла невысокую чувствительность к внесению изучаемого гербицида – снижение ее количества при использовании минимальной нормы применения составляло от 0 до 55,5 %.

Многолетние двудольные сорняки были представлены бодяком полевым – *Cirsium arvense* (L.) Scop., осотом полевым – *Sonchus arvensis* L. и вьюнком полевым – *Convolvulus arvensis* L. Эти виды проявили среднюю степень чувствительности к гербициду Аксиал Кросс, КЭ: при использовании 1,1 л/га изучаемого препарата снижение их количества составляло 55,0–74,6, 51,6–68,1 и 46,8–77,7 % соответственно.

Благодаря уничтожению сорных растений в посевах зерновых культур под действием гербицида Аксиал Кросс, КЭ и тем самым снижению их конкуренции с растениями культуры, в опытах удалось сохранить значительную часть урожая (табл. 2).

**Таблица 2. Урожайность зерновых культур (ц/га)
после применения гербицида Аксиал Кросс, КЭ (2018–2019 гг.)
Table 2. Grain crops' productivity (hwt/ha)
under the application of the herbicide 'Axial Cross', EC (2018–2019)**

Сорт	Область/край	Год	Аксиал Кросс, КЭ			Аксиал, КЭ (0,7 л/га)	Контроль	НСР ₀₅
			0,7 л/га	0,9 л/га	1,1 л/га			
Пшеница озимая								
Ершовская	Волгоградская область	2018	22,7	22,8	22,6	21,8	21,8	0,4
		2019	26,2	26,5	26,4	25,3	25,2	0,5
Скипетр	Воронежская область	2018	58,0	58,5	58,4	56,2	49,2	2,1
Снигурка		2019	44,8	44,9	45,3	38,7	28,8	2,2
Пшеница яровая								
Алтайская жница	Алтайский край	2018	17,2	17,5	17,6	17,3	15,1	1,6
		2019	20,6	21,1	22	20,1	18,3	1,5
Уралосибирская	Омская область	2018	29	30,5	31	25,5	21,6	0,3
		2019	10,9	11,1	11,2	8,7	8,4	0,5
Ячмень яровой								
Ача	Свердловская область	2018	50,4	50,6	52,4	50,3	48,4	4,1
		2019	23,6	23,9	23,8	23,7	22,3	3,9
Ячмень озимый								
Рубеж	Краснодарский край	2018	56,5	56,8	57	55,2	52,1	1,4
		2019	51,5	52,2	52,9	51,2	48,4	2,9

Во всех регионах исследований, за исключением Свердловской области (в которой встречалось большое количество сравнительно устойчивых к препарату растений мари белой), эти прибавки были статистически значимы. Наибольшее увеличение урожайности после использования препарата было отмечено в Воронежской области в условиях смешанного типа засорения, где прибавки зерна озимой пшеницы составляли от 0,88 т/га (сорт Скипетр) до 1,65 т/га (сорт Снигурка) в натуральном выражении. Большие прибавки урожайности (0,74–0,94 т/га) в первый год исследований были отмечены также в Омской области у пшеницы яровой сорта Уралосибирская.

Выводы. Внесение гербицида Аксиал Кросс, КЭ в нормах применения 0,7–0,9–1,1 л/га на посевах зерновых культур (пшеница яровая и озимая, ячмень яровой и озимый) обеспечивало высокую степень подавления как злаковых, так и двудольных сорных рас-

тений. В максимальной норме применения эффективность препарата против щетинника сизого, овсяга обыкновенного, щетинника зеленого, пастушьей сумки, мака-самосейки и гречишки вьюнковой достигала 100 %, против метлицы обыкновенной – 97,4 %, против подмаренника цепкого – 95,6 %. Против бодяка полевого, осота полевого и вьюнка полевого эффективность была средней – до 68,1–77,7%. Марь белая проявляла невысокую чувствительность к внесению изучаемого гербицида.

Наибольшие прибавки урожайности после использования гербицида Аксиал Кросс, КЭ были получены в Воронежской области на посевах пшеницы озимой – от 0,88 т/га (сорт Скипетр) до 1,65 т/га (сорт Снигурка).

Благодарность. Автор благодарит всех сотрудников, принимавших участие в проведении полевых исследований: А.П. Савву, Г.Я. Стецова, А.И. Силаева, Е.И. Хрюкину, Е.Ф. Коренюк, А.Э. Снегирева и др.

Библиографические ссылки

1. Артемьева Е.А., Захарова М.Н., Рожкова Л.В. Эффективность гербицидов для борьбы с метлицей обыкновенной в посевах озимой пшеницы в условиях Рязанской области // Зерновое хозяйство России. 2021. Т. 74, № 2. С. 58–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-58-61.
2. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. СПб: ВИЗР, 2013. 280 с.
3. Фетюхин И.В., Баранов А.А. Интегрированная защита озимой пшеницы от сорняков // Зерновое хозяйство России. 2019. Т. 61, № 1. С. 6–9. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-6-9.
4. Минсельхоз сформировал структуру посевных площадей под урожай 2023 года [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/minselkhoz-sformiroval-strukturu-posevnykh-ploshchadey-pod-urozhay-2023-goda/> (дата обращения 11.05.2023).
5. Golubev A. S. Directions for improvement of the herbicide assortment in Russia at the beginning of the 21st century // Plant Protection News. 2022. Vol. 105, № 3. P. 104–113. DOI: 10.31993/2308-6459-2022-105-15392.
6. Mekonnen G. Wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and yield components as influenced by herbicide application in Kaffa Zone, Southwestern Ethiopia // International Journal of Agronomy. 2022. P. 1–14. DOI: 10.1155/2022/3202931.
7. Patel R., A. Jha A. K., Verma B., Porwal M., Toppo O., Raghuwanshi S. Performance of pinoxaden herbicide against complex weed flora in wheat (*Triticum aestivum* L.) // International Journal of Environment and Climate Change. 2023. Vol. 13, № 7. P. 339–345. DOI: 10.9734/IJECC/2023/v13i71885.

Reference

1. Artem'eva E. A., Zakharova M. N., Rozhkova L. V. Effektivnost' gerbitsidov dlya bor'by s metlitsei obyknovnoy v posevakh ozimoi pshenitsy v usloviyakh Ryazanskoi oblasti [Efficiency of herbicides for control of loose silky bent in winter wheat crops in the Ryazan region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. T. 74, № 2. S. 58–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-58-61.
2. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam gerbitsidov v sel'skom khozyaistve [Methodical recommendations for registered trials of herbicides in agriculture]. SPb: VIZR, 2013. 280 s.
3. Fetyukhin I. V., Baranov A. A. Integrirovannaya zashchita ozimoi pshenitsy ot sornyakov [Integrated protection of winter wheat against weeds] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. T. 61, № 1. S. 6–9. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-6-9.
4. Minsel'khos sformiroval strukturu posevnykh ploshchadei pod urozhai 2023 goda [The Ministry of Agriculture has formed the structure of sown areas for the harvest of 2023] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/minselkhos-sformiroval-strukturu-posevnykh-ploshchadey-pod-urozhay-2023-goda/> (data obrashcheniya 11.05.2023).
5. Golubev A. S. Directions for improvement of the herbicide assortment in Russia at the beginning of the 21st century // Plant Protection News. 2022. Vol. 105, № 3. P. 104–113. DOI: 10.31993/2308-6459-2022-105-15392.
6. Mekonnen G. Wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and yield components as influenced by herbicide application in Kaffa Zone, Southwestern Ethiopia // International Journal of Agronomy. 2022. P. 1–14. DOI: 10.1155/2022/3202931.
7. Patel R., A. Jha A. K., Verma B., Porwal M., Toppo O., Raghuwanshi S. Performance of pinoxaden herbicide against complex weed flora in wheat (*Triticum aestivum* L.) // International Journal of Environment and Climate Change. 2023. Vol. 13, № 7. P. 339–345. DOI: 10.9734/IJECC/2023/v13i71885.

Поступила: 30.05.23; доработана после рецензирования: 27.06.23; принята к публикации: 30.06.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное право и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Голубев А. С. – концептуализация и планирование исследований, уточнение данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.