
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ
Т. 17, № 2. 2025 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.

Пахомов В. И. – главный редактор, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор (Зерноград, Россия);
Калинина Н. В. – зам. главного редактора (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);
Паштетский В. С. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, ФГБНУ «НИИСХ Крыма» (Симферополь, 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 ФНЦ Садоводства (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 (категория К1),
выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой
степени доктора и кандидата наук (по научным специальностям: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки), 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
(сельскохозяйственные науки). Журнал входит в базу данных Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (ядро РИНЦ),
Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и Белый список. Журнал входит в международную базу данных DOAJ.

Перевод на английский язык – Скуйбеда О. Н.

Адрес учредителя и издателя: 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3.

Тел.: 8(863)594-17-58; E-mail: zhros.don@yandex.ru

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 27.04.2025

Дата выхода 28.04.2025. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ №

Отпечатано в ООО «Амирит». 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, д. 88.

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

Vol. 17, № 2. 2025

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.

Pakhomov V. I. – chief editor, Dr. Sci. (Technology), professor, corresponding member of RAS (Zernograd, Russia);
Kalinina N. V. – deputy chief editor (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);
Zezen 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. Pustovoi 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);
Pashtetskiy V. S. – "Research Institute of Agriculture of Crimea" – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS (Simferopol, 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 science-practical journal is registered in the List of the leading reviewed scientific journals and publications (category K1)
issued in the country approved by the Higher Certifying Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian
Federation, where basic scientific results of thesis on Ph.D. and Doctor of Sciences are to be published
(scientific specialties: 4.1.1. General agriculture and plant production (agricultural science), 4.1.2. Plant breeding,
seed production and biotechnology (agricultural science), 4.1.3. Agrochemistry, agricultural soil science, plant protection
and quarantine (agricultural science). The journal is included into Russian Science Citation Index (RSCI)
on the platform Web of Science (RSCI core), Russian Science Citation Index (RSCI), and in the "Whitelist".
The journal is included in the international Directory of Open Access Journals (DOAJ).

English version is of Olga N. Skuybedina.

The official address of the editorial board is 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok street, 3.
Tel.: 8(863)594-17-58; E-mail: zhros.don@yandex.ru
The journal is issued 6 times a year. Signed for publication 27.04.2025
The date of the issue is 28.04.2025. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No.
Printed in Ltd "Amirit", 410004, Saratov, Chernyshevsky Str., 88

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Ковтунов В. В., Костылев П. И., Ковтунова Н. А., Репешко Ю. В. Наследование высоты растений в комбинациях F_1 – F_2 сорго зернового, полученных между родительскими формами, далекими по эколого-географическому происхождению	5
Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Долженко Д. О., Калякулина И. А., Анисимкина Н. В. Аминокислотный состав белков голозерного ячменя	13
Газе В. Л., Лобунская И. А., Черпакова Е. Ю., Яновская Н. В., Кривошеев Г. Я. Остаточный водный дефицит как один из критериев оценки засухоустойчивости линий и гибридов кукурузы	20
Филенко Г. А., Шмелева Н.А., Донцова А.А., Скворцова Ю.Г. Мониторинг сортового состава ярового ячменя в Ростовской области	26
Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В., Ладатко М. А., Зеленева И. А., Фолянц Б. В. Экологическое испытание донских сортов риса в условиях правобережья реки Кубань	33
Донцова А. А., Донцов Д. П., Брагин Р. Н., Гольдварг Б. А., Боктаев М. В. Экологическое испытание сортов озимого и ярового ячменя в засушливых условиях Республики Калмыкия	40
Хабибуллин К. Н., Газе В. С., Кувшинова Е. К., Ашиев А. Р. Изучение коллекционного материала сои в условиях Ростовской области	46

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Кираев Р. С., Бадамшина Е. В. Влияние норм высева, расположения бобов на растении и сроков скашивания на посевные и урожайные качества семян гороха сорта Памяти Попова	52
Исмаилов А. Б., Магомедова Д. С., Муслимов М. Г., Юсуфов Н. А., Рамазанов Д. М., Омаров Ш. К. Особенности роста, развития и формирования урожайности озимой пшеницы в зависимости от приемов технологии возделывания	59
Воронкова Н. А., Балабанова Н. Ф., Волкова В. А., Юсов В. С. Оптимизация минерального питания новых сортов яровой твердой пшеницы в условиях Омского Прииртышья	66
Шмелева М. С. Влияние удобрений, срока посева на фенологические фазы и формирование урожая озимой ржи в условиях Зауралья	73

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Кононенко О. С., Шишкин Н. В., Костылев П. И., Купрейшвили Н. Т. Поиск источников устойчивости озимой мягкой пшеницы к септориозу (<i>Zymoseptoria tritici</i>) полевыми и лабораторными методами	80
Орлова Е. А., Бехтольд Н. П., Щербань А. Б., Фоменко В. В. Влияние новых биологических препаратов на основе новохизола на состояние посевов мягкой яровой пшеницы	86
Приходько Ю. Н., Живаева Т. С., Лозовая Е. Н., Башкирова И. Г., Каримова Е. В., Калашников А. А., Шнейдер Ю. А. Вирус полосатой мозаики пшеницы (<i>Tritimovirus tritici</i>) – распространенность на пшенице в Российской Федерации и генетические особенности выявленных изолятов	94
Пономарев А. В., Гырнец Е. Ю., Дубяга В. М. Структурные изменения микромицетного комплекса почвы в агроценозах пшеницы в зависимости от способов ее обработки	103

CONTENTS

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Kovtunov V. V., Kostylev P. I., Kovtunova N. A., Repeshko Yu. V. Inheritance of 'plant height' in F_1 – F_2 grain sorghum combinations obtained between parental forms distant in ecological and geographical origin	5
Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Dolzhenko D. O., Kalyakulina I. A., Anisimkina N. V. Amino acid composition of protein in hulles barley	13
Gaze V. L., Lobunskaya I. A., Cherpakova E. Yu., Yanovskaya N. V., Krivosheev G. Ya. Residual water deficit as one of the criteria for estimating drought resistance of maize lines and hybrids	20
Filenko G. A., Shmeleva N. A., Dontsova A. A., Skvortsova Yu. G. Monitoring of spring barley varietal composition in the Rostov region	26
Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V., Ladatko M. A., Zeleneva I. A., Foliyants B. V. Ecological testing of Don rice varieties on the right bank of the Kuban River	33
Dontsova A. A., Dontsov D. P., Bragin R. N., Goldvarg B. A., Boktaev M. V. Ecological testing of winter and spring barley varieties in arid conditions of the Republic of Kalmykia	40
Khabibullin K. N., Gaze V. S., Kuvshinova E. K., Ashiev A. R. Study of collection soybean material in the Rostov region	46

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT BREEDING

Davletov F. A., Gainullina K. P., Kiraev R. S., Badamshina E. V. The effect of seeding rates, beans' position on a plant and mowing time on sowing and productive qualities of seeds of the pea variety 'Pamyati Popova'	52
Ismailov A. B., Magomedova D. S., Muslimov M. G., Yusufov N. A., Ramazanov D. M., Omarov Sh. K. Features of growth, development and formation of winter wheat productivity depending on cultivation technologies	59
Voronkova N. A., Balabanova N. F., Volkova V. A., Yusov V. S. Optimization of mineral nutrition of new spring durum wheat varieties in the Omsk Irtysh region	66
Shmeleva M. S. The effect of fertilizers, sowing time on phenological phases and productivity formation of winter rye in the Zauralye	73

PLANT PROTECTION

Kononenko O. S., Shishkin N. V., Kostylev P. I., Kupreishvili N. T. Search for sources of winter common wheat resistance to septoria (<i>Zymoseptoria tritici</i>) by field and laboratory methods	80
Orlova E. A., Bekhtold N. P., Shcherban A. B., Fomenko V. V. The effect of new biological products based on Novochizol on the condition of spring common wheat crops	86
Prikhodko Yu. N., Zhivaeva T. S., Lozovaya E. N., Bashkirova I. G., Karimova E. V., Kalashnikov A. A., Shneider Yu. A. Prevalence of wheat streak mosaic rymovirus (<i>Tritimovirus tritici</i>) on wheat in the Russian Federation and genetic characteristics of identified isolates	94
Ponomarev A. V., Gyrnets E. Yu., Dubyaga V. M. Structural changes in the micromycete complex of soil in wheat agrocenoses depending on tillage methods	103

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.174:631.524.82.1

DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-5-12

НАСЛЕДОВАНИЕ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ В КОМБИНАЦИЯХ F_1 – F_2 СОРГО ЗЕРНОВОГО, ПОЛУЧЕННЫХ МЕЖДУ РОДИТЕЛЬСКИМИ ФОРМАМИ, ДАЛЕКИМИ ПО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОМУ ПРОИСХОЖДЕНИЮ

В. В. Ковтунов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

П. И. Костылев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, p-kostylev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

Н. А. Ковтунова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

Ю. В. Репешко¹, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго, repeshko@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-6338

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

²ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 2

В селекционных программах по сорго зерновому большое внимание уделяется признаку «высота растений». Новые сорта и гибриды данной культуры должны быть технологичны и в первую очередь удовлетворять требованиям для механизированного возделывания по высоте растений. В связи с этим целью проведенных исследований являлось установление закономерностей наследования высоты растений в гибридных комбинациях первого и второго поколения сорго зернового, полученных между далекими по эколого-географическому происхождению образцами. Для создания нового, приспособленного к механизированному возделыванию селекционного материала в 2020 г. в схему гибридизации были включены адаптированные к местным условиям сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» Лучистое и Атаман, а также угандийские сорта Seso 1 и Narosorg 1. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на опытных полях ФГБНУ «АНЦ «Донской». Оценку высоты растений производили в фазу полной спелости растений. Для анализа наследования признака у гибридов F_1 проводили расчет степени доминирования, значений истинного и гипотетического гетерозиса. Гибридологический анализ высоты растений у гибридов F_2 выполняли с использованием программы поиска моделей расщепления Полиген А. В гибридных комбинациях сорго зернового первого поколения, полученных между удаленными в эколого-географическом отношении родительскими формами, по признаку «высота растений» отмечено сверхдоминирование признака ($h_p = 7,8$ – $61,0$), проявление истинного ($24,2$ – $37,1$ %) и гипотетического ($25,3$ – $39,8$ %) гетерозиса. Анализ гибридов второго поколения позволил установить различия родительских форм по двум парам генов, что позволяет в большинстве случаев проводить комбинирование с генами других количественных признаков.

Ключевые слова: сорго зерновое, сорт, образец, наследование, высота растения.

Для цитирования: Ковтунов В. В., Костылев П. И., Ковтунова Н. А., Репешко Ю. В. Наследование высоты растений в комбинациях F_1 – F_2 сорго зернового, полученных между родительскими формами, далекими по эколого-географическому происхождению // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 5–12. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-5-12.



INHERITANCE OF 'PLANT HEIGHT' IN F_1 – F_2 GRAIN SORGHUM COMBINATIONS OBTAINED BETWEEN PARENTAL FORMS DISTANT IN ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ORIGIN

V. V. Kovtunov^{1,2}, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

P. I. Kostylev¹, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, p-kostylev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

N. A. Kovtunova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

Yu. V. Repeshko¹, agronomist of the laboratory for sorghum breeding and seed production, repeshko@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-6338

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

²FSBEI HE "Donskoy State Technical University"

344003, Rostov region, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 2

In the grain sorghum breeding programs, much attention is paid to the trait 'plant height'. New varieties and hybrids of this crop must be technologically advanced and, above all, meet the requirements for mechanized cultivation according to plant height. In this regard, the purpose of the current research was to establish the patterns of inheritance of 'plant height' in grain sorghum hybrid combinations of the first and second generation obtained between samples that were of distant ecological and geographical origin. In order to develop new breeding material adapted to mechanized cultivation, in the hybridization scheme of 2020 there were included varieties 'Luchistoye' and 'Ataman' of the FSBSI "ARC "Donskoy", adapted to local conditions, as well as the Ugandan varieties 'Seso 1' and 'Narosorg 1'. The study was carried out on the experimental plots of the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2020–2022. The trait 'plant height' was estimated at the stage of full plant maturity. To analyze the inheritance of the trait in F_1 hybrids, there have been estimated dominance degrees, true and hypothetical heterosis values. Hybridological analysis of plant height in F_2 hybrids was conducted using Polygen A segregation model search program. In grain sorghum hybrid combinations of the first generation, obtained between ecologically and geographically distant parental forms, there was an overdominance of the trait 'plant height' ($hp = 7.8–61.0$), as well as the manifestation of true (24.2–37.1 %) and hypothetical (25.3–39.8 %) heterosis. The analysis of second-generation hybrids made it possible to establish differences between parental forms in two pairs of genes, which allowed in most cases to combine them with genes of other quantitative traits.

Keywords: grain sorghum, variety, sample, inheritance, plant height.

Введение. Население мира продолжает расти и, как ожидается, достигнет 9,7 млрд человек к 2050 году. Кроме того, из-за изменения климата происходит глобальный рост температуры, а засухи и наводнения стали более частыми и широко распространенными явлениями (Rivero et al., 2022). Таким образом, в условиях изменяющегося климата существует необходимость в разработке решений для устойчивого обеспечения населения продовольствием и сырьем для переработки. Одним из таких решений будет использование культур с высокой стрессоустойчивостью, которые являются как источниками продуктов питания и кормов, так и источником сырья для перерабатывающей промышленности. В частности, представители трибы *Andropogoneae*, включая сорго, считаются перспективными видами (Takanashi, 2023).

Сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) по посевной площади среди зерновых культур занимает пятое место в мире после таких сельскохозяйственных культур, как кукуруза, рис, пшеница, ячмень (Boyles et al., 2019). Оно отличается высокой устойчивостью к засухе и может возделываться в засушливых условиях, при которых другие культуры нельзя выращивать из-за недостатка влаги (Yamaguchi et al., 2016). Сорго имеет широкое распространение в странах Африки, Азии, Южной и Северной Америки, в Австралии и Европе. Зерно сорго является питанием для людей, сырьем для перерабатывающих предприятий, кормом для животных. В странах Африки к югу от Сахары и в регионах Южной Азии примерно половина населения использует сорго зерновое как основную продукт питания (Boyles et al., 2019). В России посевная площадь сорго по годам сильно варьирует, и в период с 2012 по 2021 г. она составляла от 54,7 до 228,7 тыс. га (Ковтунов, 2024).

Современные низкорослые растения зернового сорго произошли от высокорослых тропических форм. В регионах, где уборка урожая зерна сорго производится вручную, оно может достигать трех-четырёх метров в высоту. В результате индустриализации сельского хозяйства и внедрения комбайнов высота большинства зерновых культур значительно сократилась за счет активного отбора наиболее

низкорослых форм. В связи с этим в странах с механизированной уборкой предпочтительны более низкорослые сорта и гибриды сорго высотой около 0,8–1,5 м (George Jaeggli et al., 2021). Это уменьшает риски полегания и облегчает комбайновый сбор урожая (Olson et al., 2012).

Снижение высоты растений обычно достигается путем интрогрессии по крайней мере трех из четырех основных генов карликовости *dwarf* (Dw_1 , Dw_2 , Dw_3 , Dw_4). Эти гены уменьшают длину междоузлий и, следовательно, влияют на длину стебля до флагового листа в целом. Отдельные гены могут уменьшать высоту растения до 50 см. Несмотря на их аддитивное действие, по мере добавления большего количества генов карликовости снижение высоты растений уменьшается. Отмечаются значительные различия в высоте даже среди сорго с одинаковым количеством генов карликовости. Это связано с существованием модифицирующего комплекса и второстепенных генов, которые в основном влияют на длину цветоноса (длину стебля между флаговым листом и основанием метелки) и длину метелки (George Jaeggli et al., 2021).

Как и в случае с другими злаками, уменьшение высоты растения сорго может оказывать влияние на урожайность зерна. Сообщалось как об общем влиянии высоты на урожайность зерна (Jordan et al., 2003), так и об отрицательном влиянии отдельных генов карликовости на урожайность с растения (George Jaeggli et al., 2021).

В связи с этим исследования, направленные на изучение высоты растения сорго и ее генетической основы, являются актуальными.

При подборе исходных родительских форм для проведения скрещиваний опираются на различные принципы, один из которых – принцип эколого-географической отдаленности. Данный принцип основан на том, что в различных почвенно-климатических условиях в результате естественного и искусственного отборов формируются разные экотипы растений. Проявление гетерозиса в этом случае обусловлено генетическими различиями родительских образцов, возникших в результате географической изоляции (Ковтунов, 2024).

Новизной исследований являются установленные закономерности наследования признака «высота растения» у гибридов сорго зернового, полученных в результате гибридизации сортов, географически далеких по происхождению.

Цель исследований – установить закономерности наследования высоты растений в гибридных комбинациях первого и второго поколения сорго зернового, полученных между далекими по эколого-географическому происхождению образцами.

Материалы и методы исследований. Полевые опыты проводили на селекционном поле научного севооборота лаборатории селекции и семеноводства сорго ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской». Период исследований – 2020–2022 годы. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным, по механическому составу глинистая и легкоглинистая с преимущественным содержанием лессовидной фракции (Метлина и др., 2024).

Согласно классификации влагообеспеченности по Г. Т. Селянинову (Ионова и др., 2019) погодные условия 2021 г. характеризовались засушливостью климата. ГТК за период вегетации культуры (май–сентябрь) находился на уровне 0,82. В 2020 и 2022 гг. погодно-климатические условия были очень засушливыми (гидротермический коэффициент за период май–сентябрь в 2020 г. составил 0,68, в 2022 г. – 0,52).

Посев родительских образцов и гибридных комбинаций проводили селекционной сеялкой Клен-4,2 в оптимальные сроки (вторая де-

када мая). Норма высева семян – 280 тыс. шт. на 1 гектар, глубина посева – 5–6 см, ширина междурядья – 70 см. Площадь делянки в питомнике F_1 – 4,9 м², в питомнике F_2 – 14,7 м². Оценку высоты растений выполняли в фазу полной спелости растений (первая декада сентября).

Для расчета истинного и гипотетического гетерозиса использовали формулы, описанные Д. С. Омаровым (1975), степени доминирования – Мазер и Джинкс (1985).

Для гибридологического анализа высоты растений у гибридов F_2 была использована программа поиска моделей расщепления Полиген А.

Результаты и их обсуждение. В результате заключенного меморандума о сотрудничестве в научной сфере между ФГБНУ «АНЦ «Донской» и Национальной аграрной научной организацией «НАРО» Республики Уганда были интродуцированы сорта зернового сорго Seso 1, Seso 3, Narosorg 1, Narosorg 2, Narosorg 3, Narosorg 4, Eupuripur селекции NaSARRI.

Для создания нового, приспособленного к механизированному возделыванию селекционного материала в 2020 г. в схему гибридизации были включены адаптированные к местным условиям сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» Лучистое и Атаман, а также угандийские сорта Seso 1 и Narosorg 1, отличающиеся от других сортов из Уганды наименьшей высотой растений. В среднем за 2020–2022 гг. высота растений у сорта Seso 1 составила 129 см, Narosorg 1 – 125 см, Атаман – 126 см, Лучистое – 117 см (табл. 1).

Таблица 1. Высота растений родительских форм гибридов сорго зернового (2020–2022 гг.)
Table 1. Plant height of parental forms of grain sorghum hybrids (2020–2022)

Название родительской формы	Высота растений, см			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
Seso 1	150	121	116	129
Narosorg 1	146	112	116	125
Атаман	141	124	112	126
Лучистое	131	120	101	117

Гибрид F_1 , полученный от скрещивания сорта Лучистое (материнская форма) с средней высотой растения 120 см и инорайонного сорта Narosorg 1 (отцовская форма) с параметрами анализируемого признака на уровне 112 см, характеризовался проявлением гетерозиса (высота растения – 149 см) по отношению к родительским образцам. Привлечение в гибридизацию сортов Лучистое и Seso 1 привело к получению гибридной формы с высотой растений 151 см, что также превышало исходные образцы (120 и 121 см соответственно) (рис. 1).

При скрещивании сорта Атаман, обладающего высотой растения 124 см, с сортом Narosorg 1 в F_1 отмечено формирование расте-

ния, достигающего высоты 165 см. Привлечение в гибридизацию сорта Атаман и угандийского сорта Seso1 привело к созданию гибрида первого поколения с высотой растения 170 см (рис. 2).

Проведенный расчет степени доминирования позволил установить проявление сверхдоминирования признака «высота растения» по всем полученным комбинациям. Значения степени доминирования варьировали от 7,8 до 61,0. Наибольшие значения (31,7 и 61,0 соответственно) отмечены в комбинациях (Атаман × Seso 1 и Лучистое × Seso 1), где в качестве материнской формы привлечен угандийский сорт Seso 1 (табл. 2).



А



Б

Рис. 1. Растение F₁ Лучистое × Narosorg 1 (А) и F₁ Лучистое × Seso 1 (Б) в сравнении с родительскими формами, 2021 год

Fig. 1. F₁ 'Luchistoe' × 'Narosorg 1' (A) and F₁ 'Luchistoe' × 'Seso 1' (B) in comparison with parental forms, 2021



А



Б

Рис. 2. Растение F₁ Атаман × Narosorg 1 (А) и F₁ Атаман × Seso 1 (Б) в сравнении с родительскими формами, 2021 год

Fig. 2. F₁ 'Ataman' × 'Narosorg 1' (A) and F₁ 'Ataman' × 'Seso 1' (B) in comparison with parental forms, 2021

Таблица 2. Степень доминирования, истинный и гипотетический гетерозис по признаку «высота растения» в гибридных комбинациях F₁ (2021 г.)
Table 2. Dominance degree, true and hypothetical heterosis according to the trait 'plant height' in F₁ hybrid combinations (2021)

Гибридная комбинация	♀	♂	F ₁	hp	Г _{ист.} %	Г _{гип.} %
Лучистое × Narosorg 1	120	112	149	8,3	24,2	28,4
Лучистое × Seso 1	120	121	151	61,0	24,8	25,3
Атаман × Narosorg 1	124	112	165	7,8	33,1	39,8
Атаман × Seso 1	124	121	170	31,7	37,1	38,8

В результате анализа полученных гибридов F_1 по данному признаку выявлен положительный истинный и гипотетический гетерозис. Истинный гетерозис варьировал от 24,2 до 37,1 %, а гипотетический – от 25,3 до 39,8 %.

Проведенный в 2022 г. генетический анализ, осуществленный в программе Полиген А, позволил выявить у гибрида F_2 Лучистое $\times$ Narosorg 1 расщепление по двум парам генов с полным доминированием.

Взятые для скрещивания сорта сорго Лучистое и Narosorg 1 существенно (на 15,3 см) различались по высоте растений (101,2 и 116,4 см соответственно). Кривая распределения частот значений признака высоты у гибрида F_2 была симметричной, ее вершина располагалась в одном классе (114–121 см) с вершиной высокорослого родительского сорта Narosorg (рис. 3).

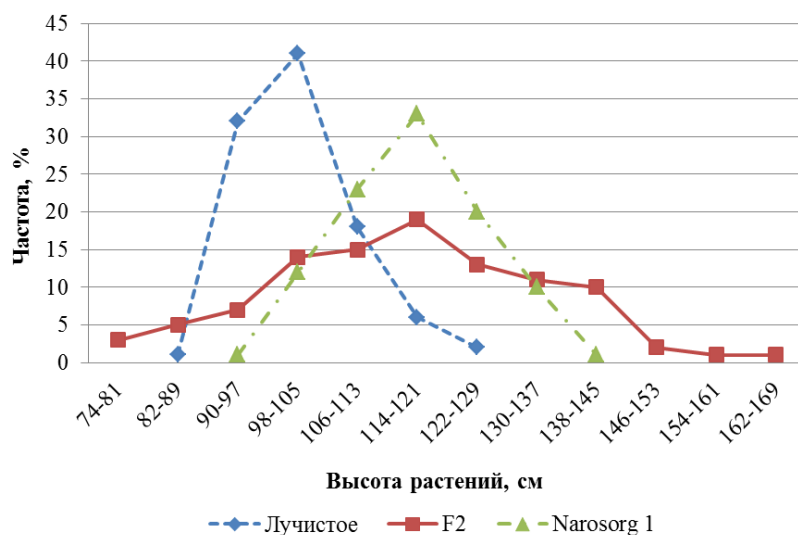


Рис. 3. Распределение частот значений признака «высота растений» у родительских форм и гибрида F_2 Лучистое $\times$ Narosorg 1 (2022 г.)

Fig. 3. Distribution of the values' frequency of the trait 'plant height' in parental forms and F_2 hybrid 'Luchistoe $\times$ Narosorg 1' (2022)

Степень доминирования ($h_r = 1,0$) указывает на преобладание выщепившихся растений с большой высотой. При этом имеются трансгрессивные формы с меньшим и большим значением признака, чем у родителей. Это свидетельствует о том, что родительские сорта имели в своем генотипе как доминантные, так и рецессивные гены, перекомбинирование

которых привело к появлению трансгрессий. На долю гибрида приходится по 1/16 частоты рецессивной родительской формы, что свидетельствует о дигенном расщеплении в соотношении 1:4:6:4:1. Сила гена равняется 7,64 см. Отличия исходных образцов по двум парам генов также отмечались у гибрида F_2 Лучистое $\times$ Seso 1 (рис. 4).

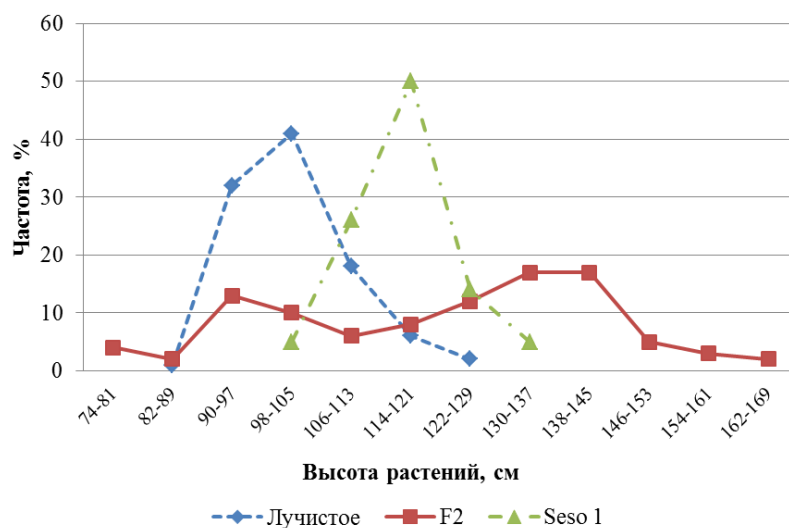


Рис. 4. Распределение частот значений признака «высота растений» у родительских форм и гибрида F_2 Лучистое $\times$ Seso 1 (2022 г.)

Fig. 4. Distribution of the values' frequency of the trait 'plant height' in parental forms and F_2 hybrid 'Luchistoe $\times$ Seso 1' (2022)

Однако кривая распределения частот в этой комбинации характеризовалась левосторонней асимметрией ($As = -0,61$), и двухвершинностью. Средняя высота растений у местной родительской формы Лучистое находилась на уровне 101,2 см, а у инорайнного сорта Seso 1 – 116,0 см. Меньшая вершина кривой гибрида была близка к вершине кривой рецессивной родительской формы Лучистое, а большая находилась значительно правее высокорослого родительского сорта Seso 1, что свидетельствует о сверхдоминировании большей величины признака ($hp = 1,49$) и положительной трансгрессии. Сегрегация классов произошла в соотношении 1: 3: 3: 9. Средняя сила гена составила 30,0 см. При этом выщепилась небольшая часть низкорослых растений с высотой 75–80 см, которые представляют интерес для селекционных программ по культуре сорго.

Различия родительских сортов по аллельному состоянию двух генов были установлены и других двух гибридов, полученных от скрещивания сорта Атаман с сортами из Уганды. Средняя высота растений у сорта сорго Атаман составила 111,5 см, а у сортов

Seso 1 и Narosorg 1 – 116,0 и 116,4 см соответственно.

В гибридной комбинации F_2 Атаман × Narosorg 1 кривая распределения частот гибрида выходила за пределы изменчивости признака обоих исходных образцов с незначительным числом выщепившихся форм, характеризующихся более коротким стеблем, чем у Атамана, но большим числом высокорослых форм – выше Narosorg 1. Это указывает на трансгрессии, определенные тем, что у привлеченных в гибридизацию сортов были и доминантные, и рецессивные аллели генов высоты, но в разных локусах. Их перекомбинирование способствовало появлению 9/16 доли высокорослых растений с двумя доминантными генами и 1/16 – низкорослых с двумя рецессивными генами. Следовательно, расщепление происходило по двум парам генов. Кривая распределения частот обладает левосторонней асимметрией ($As = -0,35$), что свидетельствует о сверхдоминировании больших значений признака ($hp = 5,03$). Расщепление происходило в соотношении 1:6:9 (рис. 5). Сила одного гена составила 24 см.

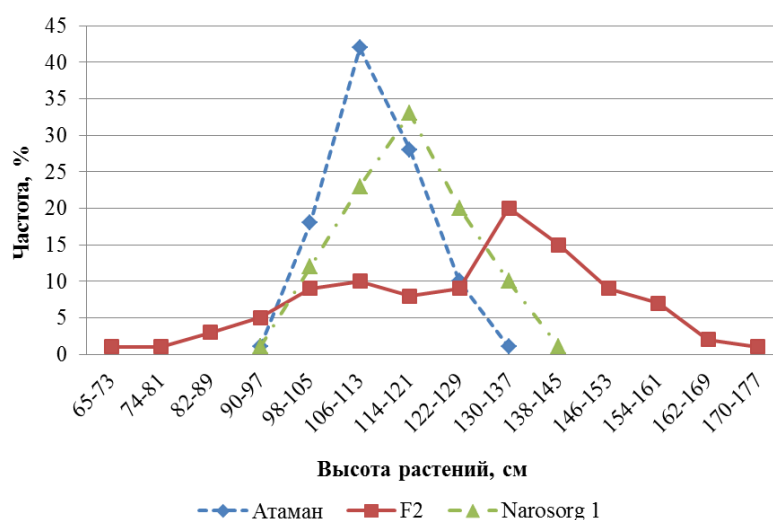


Рис. 5. Распределение частот значений признака «высота растений» у родительских форм и гибрида F_2 Атаман × Narosorg 1 (2022 г.)

Fig. 5. Distribution of the values' frequency of the trait 'plant height' in parental forms and F_2 hybrid 'Ataman × Narosorg 1' (2022)

Такое же расщепление в соотношении 1:6:9 определено у гибрида F_2 Атаман × Seso 1. Средняя вершина кривой распределения частот значений гибрида находилась на уровне

обоих родителей, а большая смещена вправо, представляя формы с наибольшим значением признака (рис. 6).

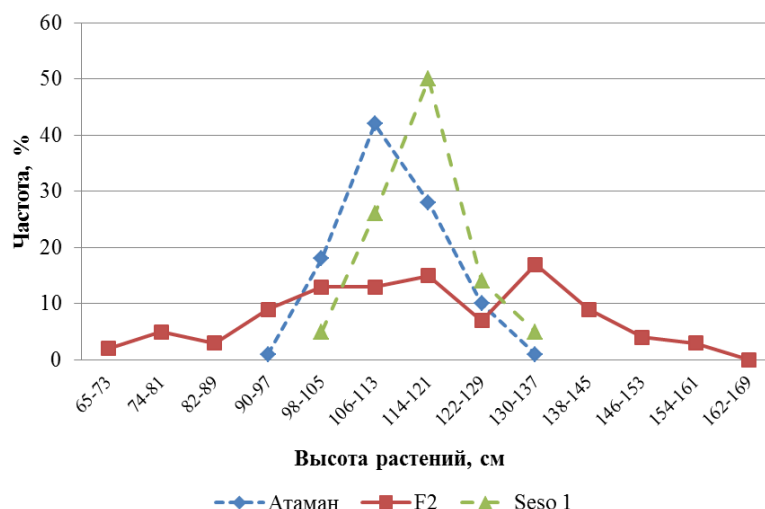


Рис. 6. Распределение частот значений признака «высота растений» у родительских форм и гибрида F₂ Атаман × Seso 1 (2022 г.)

Fig. 6. Distribution of the values' frequency of the trait 'plant height' in parental forms and F₂ hybrid 'Ataman × Seso 1' (2022)

Степень доминирования, равная 0,86, показывает неполное положительное доминирование. Замена обоих аллелей в рецессивном состоянии на доминантные будет способствовать увеличению среднего значения признака на 56 см.

Выводы.

1. У гибридов F₁ сорго зернового, полученных между удаленными родительскими формами в эколого-географическом отношении, по признаку «высота растений» отмечено сверхдоминирование признака ($h_p = 7,8-61,0$), проявление истинного (24,2–37,1 %) и гипотетического (25,3–39,8 %) гетерозиса.

2. Анализ гибридов F₂ позволил установить различия родительских форм по двум парам генов, что дает основание в значительном числе случаев проводить перекомбинирование с генами других количественных признаков.

3. В гибридных комбинациях второго поколения Лучистое × Narosorg 1, Лучистое × Seso 1, Атаман × Narosorg 1, Атаман × Seso 1 выделены низкорослые формы для последующего этапа селекционного процесса.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках государственного задания № 0505-2025-0010 – ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской».

Библиографический список

1. Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6. С. 18–22.
2. Ковтунов В. В. Селекционно-генетические аспекты повышения урожайности и улучшения качества зерна сорго зернового: дис. ... д-ра с.-х. наук. Зерноград, 2024. 412 с.
3. Метлина Г. В., Васильченко С. А., Ашиев А. Р., Кравченко Н. С. Влияние сроков посева и норм высева сортов зимующего гороха на содержание белка и выход питательных веществ // Зерновое хозяйство России. 2024. № 1(16). С. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-97-103
4. Boyles R. E., Brenton Z. W., Kresovich S. Genetic and genomic resources of sorghum to connect genotype with phenotype in contrasting environments // The Plant Journal. 2019. Vol. 97, P. 19–39.
5. George Jaeggli B., Lefèvre Arbogast S., Hunt C., Cruickshank A., Jordan D. R. Tall 3-dwarfs: oxymoron or opportunity to increase grain yield in sorghum? // Planta. 2021. Vol. 253, Article number: 110.
6. Jordan D. R., Tao Y., Godwin I. D., Henzell R. G., Cooper M., McIntyre C. L. Prediction of hybrid performance in grain sorghum using RFLP markers // Theor Appl Genet. 2003. Vol. 106, P. 559–567.
7. Olson S.N., Ritter K., Rooney W., Kemanian A., McCarl B.A., Zhang Y. High biomass yield energy sorghum: Developing a genetic model for C4 grass bioenergy crops // Biofuels, Bioprod Biorefining. 2012. P. 640–655. DOI: 10.1002/bbb.1357
8. Rivero R.M., Mittler R., Blumwald E., Zandalinas S.I. Developing climate-resilient crops: improving plant tolerance to stress combination // Plant J. 2022. Vol. 109, P. 373–389.
9. Takanashi H. Genetic control of morphological traits useful for improving sorghum // Breeding Science. 2023. Vol. 73, P. 57–69. DOI: 10.1270/jsbbs.22069
10. Yamaguchi M., Fujimoto H., Hirano K. Sorghum Dw1, an agronomically important gene for lodging resistance, encodes a novel protein involved in cell proliferation // Scientific Reports. 2016. Vol. 6, Article number: 28366.

References

1. Ionova E. V., Likhovidova V. A., Lobunskaya I. A. Zasukha i gidrotermicheskii koeffitsient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev otsenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury) [Drought and hydrothermal coefficient

of moisture as one of the criteria for estimating the degree of its intensity (literature review)] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2019. № 6. S. 18–22.

2. Kovtunov V. V. Seleksionno-geneticheskie aspekty povysheniya urozhainosti i uluchsheniya kachestva zerna sorgo zernovogo [Breeding and genetic aspects of improving productivity and quality of grain sorghum]: dis. ... d-ra s.-kh. nauk. Zernograd, 2024. 412 с.

3. Metlina G. V., Vasil'chenko S. A., Ashiev A. R., Kravchenko N. S. Vliyanie srokov poseva i norm vyseva sortov zimuyushchego gorokha na sodержание belka i vykhod pitatel'nykh veshchestv [The effect of sowing dates and seeding rates of winter pea varieties on protein percentage and yield of nutrients] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2024. № 1(16). S. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-97-103

4. Boyles R. E., Brenton Z. W., Kresovich S. Genetic and genomic resources of sorghum to connect genotype with phenotype in contrasting environments // *The Plant Journal*. 2019. Vol. 97, P. 19–39.

5. George Jaeggli B., Lefèvre Arbogast S., Hunt C., Cruickshank A., Jordan D. R. Tall 3-dwarfs: oxymoron or opportunity to increase grain yield in sorghum? // *Planta*. 2021. Vol. 253, Article number: 110.

6. Jordan D. R., Tao Y., Godwin I. D., Henzell R. G., Cooper M., McIntyre C. L. Prediction of hybrid performance in grain sorghum using RFLP markers // *Theor Appl Genet*. 2003. Vol. 106, P. 559–567.

7. Olson S.N., Ritter K., Rooney W., Kemanian A., McCarl B.A., Zhang Y. High biomass yield energy sorghum: Developing a genetic model for C4 grass bioenergy crops // *Biofuels, Bioprod Biorefining*. 2012. P. 640–655. DOI: 10.1002/bbb.1357

8. Rivero R.M., Mittler R., Blumwald E., Zandalinas S.I. Developing climate-resilient crops: improving plant tolerance to stress combination // *Plant J*. 2022. Vol. 109, P. 373–389.

9. Takanashi H. Genetic control of morphological traits useful for improving sorghum // *Breeding Science*. 2023. Vol. 73. P. 57–69. DOI: 10.1270/jsbbs.22069

10. Yamaguchi M., Fujimoto H., Hirano K. Sorghum Dw1, an agronomically important gene for lodging resistance, encodes a novel protein involved in cell proliferation // *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6, Article number: 28366.

Поступила: 21.02.25; доработана после рецензирования: 06.03.25; принята к публикации: 11.03.25.

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. Ковтунов В. В. – концептуализация исследований, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Костылев П. И. – анализ данных и их интерпретация; Ковтунова Н. А. – сбор данных, подготовка рукописи; Репешко Ю. В. – выполнение опытов, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

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, shevchenko_sn@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;
Д. О. Долженко, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории селекции и генетики мягкой пшеницы, ddolzenko75@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2004-329X;
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 научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, 446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, д. 41; Тел.: 8 (84676) 2-11-40; e-mail: samniish@mail.ru

Зерно голозерного ячменя с высоким содержанием белка и полноценным составом аминокислот используется в качестве ингредиента при производстве продуктов питания и кормов с повышенной питательной и потребительской ценностью. Необходим поиск исходного материала голозерного ячменя с высоким содержанием незаменимых, лимитирующих и заменимых аминокислот в целях создания высокотехнологичных сортов для пищевой и кормовой продукции. Цель исследований – установить аминокислотный состав белков голозерных сортообразцов ярового ячменя коллекции ВИР, выделить источники с высоким содержанием белка и улучшенным аминокислотным составом для включения в селекционные программы по созданию высококачественных сортов голозерного ячменя различного направления использования. Исследования проводили в 2023–2024 гг. в Самарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – СамНЦ РАН. В качестве экспериментального материала использовали сортообразцы ярового голозерного ячменя коллекции ВИР. Аминокислотный состав белков определяли методом капиллярного электрофореза («КАПЕЛЬ-105М»). При изучении коллекции ВИР ярового голозерного ячменя за 2023–2024 гг. выделилась группа сортообразцов с повышенным содержанием белка независимо от метеорологических условий произрастания (19,0–19,9 % в среднем за годы исследований), которую необходимо включать в гибридизацию для создания высокотехнологичных сортов отражающих их сырьевые достоинства и направления использования: к-5411, к-20041, к-25872, к-31125, к-21694, к-23450, к-11069, к-3115. Из коллекционного и селекционного материала голозерного ячменя, выращенного в засушливых условиях степной зоны Среднего Поволжья, выделены источники с высоким содержанием незаменимых (4,30–4,80 %) и лимитирующих (0,85–0,94 %) аминокислот, а также общим содержанием аминокислот (13,88–14,69 %), которые рекомендованы для включения в селекционные программы по созданию высококачественных сортов голозерного ячменя для пищевой и кормовой промышленности: к-4526, к-5058, к-5411, к-6246, к-8923, к-25872, к-31520, к-21694, Нудум 15, Стрелецкий голозерный, Целесте 17.

Ключевые слова: голозерный ячмень, сорта, линии, белок, аминокислотный состав, незаменимые и заменимые аминокислоты.

Для цитирования: Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Долженко Д. О., Калякулина И. А., Анисимкина Н. В. Аминокислотный состав белков голозерного ячменя // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 13–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-13-19.



AMINO ACID COMPOSITION OF PROTEIN IN HULLES BARLEY

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, shevchenko_sn@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;
D. O. Dolzhenko, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for common wheat breeding and genetics, ddolzenko75@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2004-329X;
I. A. Kalyakulina, researcher of the laboratory for gray 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
Samara Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaikov – branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences 446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

Hulles barley grain with a high protein percentage and a complete amino acid composition is used as an ingredient in the production of food and feed with increased nutritional and consumer value. It is necessary to search for the initial material of hulles barley with a high content of essential, limiting and replaceable amino acids in order to develop high-tech varieties for food and feed products. The purpose of the current study was to determine the amino acid composition of protein in spring hulles barley varieties from the VIR collection, to identify sources with a high protein content and improved amino acid composition for use in breeding programs for the development of high-

qualitative hulles barley varieties for various applications. The study was conducted at the Samara Research Institute of Agriculture of RAS in 2023–2024. Spring hulles barley varieties from the VIR collection were used as experimental material. The amino acid composition of protein was determined by capillary electrophoresis (KAPEL-105M). When studying the VIR collection of spring hulles barley in 2023–2024, there was identified a group of variety samples with an increased protein percentage, regardless of weather conditions (19.0–19.9 % on average over the years of study), which should be included in hybridization to develop high-tech varieties 'k-5411', 'k-20041', 'k-25872', 'k-31125', 'k-21694', 'k-23450', 'k-11069', 'k-3115' demonstrating their raw material advantages and areas of use. From the collection and breeding material of hulles barley grown in the arid conditions of the steppe part of the Middle Volga region, there have been identified the sources 'k-4526', 'k-5058', 'k-5411', 'k-6246', 'k-8923', 'k-25872', 'k-31520', 'k-21694', 'Nudum 15', 'Streletsky golozerny', 'Tseleste 17' with a high content of essential (4.30–4.80 %) and limiting amino acids (0.85–0.94 %), as well as a total amino acid content (13.88–14.69 %), which are recommended for use in the breeding programs to develop high-quality hulles barley varieties for the food and feed industries.

Keywords: hulles barley, varieties, lines, protein, amino acid composition, essential and replaceable amino acids.

Введение. На российском и мировом рынке спрос на одну из основных зерновых культур – ячмень – очень высок. Это связано с потребностями комбикормовой промышленности, так как ячмень является одним из основных поставщиков энергии для животноводства, и с возрастающей популярностью продуктов из зерна ячменя: ячневая и перловая крупа, хлебобулочные и кондитерские изделия с добавлением в разном соотношении ячменной муки, которые относятся к категории здорового (функционального) питания. В настоящее время востребованы специализированные продукты для диабетиков с содержанием цельнозернового зерна или сеяной муки из зерна ячменя, которые характеризуются наличием растворимых и нерастворимых пищевых волокон, полноценного белка со сбалансированным аминокислотным составом, превосходящим по наличию лимитирующих аминокислот другие злаки (Аниськов и др., 2015; Полонский и др., 2018; Сумина и Полонский, 2020).

Увеличение производства функциональных продуктов и кормов с улучшенным аминокислотным составом является основной целью пищевой и комбикормовой промышленности, и ячмень голозерный прочно занял сектор в данных областях переработки. Возрастающее внимание к голозерному ячменю связано с более высоким содержанием белковых веществ в зерне и более ценным аминокислотным составом белка по сравнению с пленчатыми сортами (Левакова и Ерошенко, 2019; Лукина и др., 2022). Общая сумма аминокислот в белке голозерного ячменя по сравнению с пленчатыми формами выше более чем на 50,0 %, содержание лизина, аргинина и гистидина больше на 20–28 %. По массовой доле лейцина и изолейцина голозерный ячмень превосходит пленчатый на 42,0 % (Железнов и др., 2013; Цандекова и Неверова, 2017). Зерно голозерного ячменя с высоким содержанием незаменимых и заменимых аминокислот используется в качестве ингредиента при производстве продуктов питания и кормов с повышенной питательной и потребительской ценностью. Наряду с отмеченными достоинствами голозерные формы ячменя характеризуются нестабильной урожайностью, низкой засухоустойчивостью и посевными свойствами (Филиппов и Дорошенко, 2015; Шевченко и др., 2021; Шаболкина и др., 2023). Научные исследования

в настоящее время направлены на создание высококачественных сортов голозерного ячменя, адаптированных к конкретным условиям произрастания.

Отмечено, что качественные показатели зерна голозерного ячменя, отвечающие за питательную ценность – белковость, содержание аминокислот и сбалансированность аминокислотного состава, – определяются генетическими факторами, эколого-географическими условиями произрастания (Железнов и др., 2013; Лукина и др., 2022), и изучение процессов влияния данных факторов на питательность зерна актуально и очень перспективно. Селекционная работа и улучшение технологий возделывания, направленные на повышение биологической ценности белков за счет увеличения содержания незаменимых и лимитирующих аминокислот, имеют большое практическое значение. Поэтому необходим поиск доноров голозерного ячменя с высоким содержанием белка и полноценным составом аминокислот в целях создания высокотехнологичных сортов для пищевой и кормовой продукции.

Цель исследований – установить аминокислотный состав белков сортообразцов ярового голозерного ячменя коллекции ВИР, выделить источники с высоким содержанием белка и улучшенным аминокислотным составом для включения в селекционные программы по созданию высококачественных сортов голозерного ячменя различного направления использования.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2023–2024 гг. в Самарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – СамНЦ РАН (Самарская обл.). В качестве экспериментального материала использовали сортообразцы ярового ячменя коллекции ВИР. Опыты закладывались на полях селекционного севооборота. Предшественник – горох, учетная площадь делянок 2 м² в двукратной повторности при систематическом размещении, агротехника общепринятая для зоны.

Содержание белкового азота определяли по ГОСТ 10846-91 (метод Кьельдаля), аминокислотный состав белков – методом капиллярного электрофореза по ГОСТ 55569-2013, основанного на кислотном и щелочном (только для триптофана) гидролизе, переводе аминокислот в свободные формы с дальнейшим их

разделением и количественном определении с помощью системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М». Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по Б.А. Доспехову (2014).

Погодные условия в 2023 г. были удовлетворительными для роста и развития ярового голозерного ячменя: в начале вегетации за третью декаду апреля сумма осадков составила 7,9 мм при норме 10,0 мм, средняя температура воздуха 14,4°C, что на 3,8°C выше многолетних значений. В конце вегетации (третья декада июля) сумма осадков составила 12,8 мм, что соответствует 85 % от нормы, температурный режим колебался, но незначительно, и был в пределах среднемноголетних значений (температура воздуха была выше многолетних значений на 0,7 °C и составила 22,8 °C). Вегетационный период в 2024 г. был неудовлетворителен для роста и развития ярового ячменя: неустойчивый температурный режим (максимальное отклонение средней температуры воздуха от многолетних значений составило от 7,2 °C (третья декада июня) до –5,4 °C (первая декада мая)) и неравномерное выпадение осадков (колебания по декадам составило от 0,2 до 36,0 мм).

Результаты и их обсуждение. Количественные и качественные характеристики белков ячменя определяют пригодность зерна к конкретным областям переработки. Изменчивость массовой доли белка в зерне голозерного ячменя высокая, что свидетельствует о значительных возможностях данной культуры (Цандекова и Неверова, 2017; Шаболкина и др., 2023). Содержание белка в зерне ярового голозерного ячменя при изучении коллекции ВИР в 2023 г. варьировало в широких пределах – от 14,3 до 18,8 % в зависимости от сорта и внешних факторов. Выделилась группа сортов (табл. 1) с повышенным содержанием белка: к-5411 (17,7 %), к-20028 (17,7 %), к-20041 (17,7 %), к-25872 (18,8 %), к-28205 (17,7 %), к-31125 (18,8 %), к-21694 (18,2 %), к-23450 (17,7 %).

Максимальное содержание белка (18,8 %) сформировали две линии: к-25872 и к-31125.

Условия 2024 г. в целом были неудовлетворительны для роста и развития ярового ячменя: воздушная засуха и дефицит почвенной влаги в период налива и созревания зерна не способствовали формированию высокой продуктивности голозерного ячменя, но содействовали наибольшему формированию белковых веществ в зерне 21,1–21,3 %. Содержание белка в зерне голозерного ячменя в зависимости от сорта колебалось от 17,1 до 21,3 %. Отмечены следующие линии и сорта с повышенной белковостью: к-4526 (20,9 %), к-5411 (20,9 %), к-6194 (20,9 %), к-8923 (21,1 %), к-11069 (21,3 %), к-14912 (21,3 %), к-25872 (20,9 %), к-31125 (20,6 %), к-20921 (21,1 %).

В среднем за 2023–2024 гг. выделилась группа сортов с повышенным содержанием белка независимо от метеорологических условий вегетационного периода: к-5411 (19,3 %), к-20041

(19,1 %), к-25872 (19,9 %), к-31125 (19,7 %), к-21694 (19,2 %), к-23450 (19,0 %). Также заслуживают внимание две линии: к-11069 и к-14912, которые в 2024 г. сформировали максимальное количество белка в зерне – 21,3 %, в среднем за два года исследований содержание белка у данных сортов составило 19,0 %.

Питательная и биологическая ценность ячменя зависит как от общего количества белка в зерне, так и от содержания аминокислот и сбалансированности аминокислотного состава, которые определяются генетическими факторами и влиянием эколого-географических условий (Цандекова и Неверова, 2017; Лукина и др., 2022). Результаты проведенных исследований показали (табл. 2), что в коллекции ярового голозерного ячменя различного географического происхождения имеются образцы с повышенным и пониженным содержанием аминокислот.

По общему содержанию аминокислот в зерне в представленной коллекции наиболее высокие показатели (13,88–14,69 %) отмечены у следующих 11 сортов и линий: к-4526 (13,88 %), к-5058 (14,18 %), к-5411 (14,35 %), к-6246 (13,90 %), к-8923 (13,95 %), к-25872 (14,42 %), к-31520 (14,17 %), к-21694 (13,90 %), Нудум 15 (14,46 %), Стрелецкий голозерный (14,69 %), Целесте 17 (14,00 %).

Особо стоит отметить селекционные сорта, созданные в сотрудничестве ФНЦ ЗБК и Самарского НИИСХ-филиала СамНЦ РАН: Нудум 15, Целесте 17 и Стрелецкий голозерный. Сорт Стрелецкий голозерный включен в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации по Центрально-Черноземному и Средневолжскому регионам с 2025 года.

Однако за питательную ценность белков (полноценные) отвечают незаменимые аминокислоты. Наличие достаточного количества незаменимых аминокислот в пищевой и кормовой продукции значительно повышает ее качество. По сумме незаменимых аминокислот (валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин), которые не синтезируются в организме человека и животных, однако крайне необходимы для их нормальной жизнедеятельности, выделились 10 сортов и линий: к-5058 (4,30 %), к-5411 (4,71 %), к-6246 (4,45 %), к-8923 (4,63 %), к-25872 (4,34 %), к-31520 (4,71 %), к-21694 (4,41 %), Нудум 15 (4,59 %), Стрелецкий голозерный (4,80 %), Целесте 17 (4,30 %).

Наибольшая сумма трех дефицитных, или лимитирующих, незаменимых аминокислот – лизина, метеонина и триптофана (продукты растительного происхождения наиболее бедны ими) отмечена у 8 сортов и линий ячменя: к-5411 (0,90 %), к-6246 (0,86 %), к-8923 (0,87 %), к-25872 (0,88 %), к-31520 (0,92 %), к-21694 (0,85 %), Нудум 15 (0,90 %), Стрелецкий голозерный (0,94 %). Максимальные значения суммы лимитирующих незаменимых аминокислот отмечены у сортообразцов Стрелецкий голозерный (0,94 %), к-31520 (0,92 %), Нудум 15 (0,90 %) и к-5411 (0,90 %).

Таблица 1. Содержание белка в зерне ярового голозерного ячменя (коллекция ВИР), 2023–2024 годы
Table 1. Protein percentage in spring hulles barley grain (VIR collection), 2023–2024

№ каталога ВИР	Название, происхождение	Белок, %			№ каталога ВИР	Название, происхождение	Белок, %		
		2023 г.	2024 г.	ср.			2023 г.	2024 г.	ср.
к-514	Местный, Херсонская обл. Украина	16,5	20,1	18,3	к-29440	№ 16, Беларусь	15,2	20,5	17,9
к-3115	Местный, Таджикистан	16,4	20,9	18,7	к-30299	Grappenhose Zeizellige, Польша	16,5	18,9	17,7
к-4526	Местный, Ивановская обл.	16,6	20,9	18,8	к-31049	Beag, США	14,3	17,6	16,0
к-5058	Местный, Туркменистан, Балканский р-н	16,5	20,5	18,5	к-31106	CDC Gainer, Канада	14,5	17,1	15,8
к-5411	Белый голозерный, Болгария	17,7	20,9	19,3	к-31125	Нудум 95, Челябинская обл.	18,8	20,6	19,7
к-6194	Местный, Грузия, Ахалкалаки	16,5	20,9	18,7	к-31143	Irbe (PR-3528), Латвия	16,0	17,8	16,9
к-6246	Местный, Грузия, Ахалкалаки	16,7	19,6	18,2	к-31178	Lawina, Германия	16,6	20,2	18,4
к-8923	Без названия, Португалия, Лиссабон	16,5	21,1	18,8	к-31228	Ахиллес, Украина	16,5	20,3	18,4
к-8952	Без названия, Турция, Бурса	14,3	18,5	16,4	к-31367	Kornelija, Латвия	14,8	18,7	16,8
к-9054	Без названия, Италия, Пьемонт	16,5	20,0	18,3	к-31520	Козацкий, Украина	16,0	19,4	17,7
к-11069	№166, Приморский край	16,6	21,3	19,0	к-31521	Местный, Грузия	14,9	20,1	17,5
к-13272	Без названия, Турция	14,8	17,8	16,3	к-31540	Lotos, Германия	14,8	18,1	16,5
к-13273	Без названия, Турция	16,5	20,5	18,6	к-21694	Голозерный 1, Свердловская обл.	18,2	20,1	19,2
к-14912	Местный, Таджикистан, Гармский р-н	16,7	21,3	19,0	к-20921	Abyssinian 1102=194, Эфиопия	16,5	21,1	18,8
к-16535	Без названия, Ставропольский край	17,1	20,5	18,8	к-29415	Алаг-Эрд-Эне, Монголия	15,5	20,3	17,9
к-16547	Без названия, Северная Осетия	16,5	19,8	18,2	к-31040	Оскар, Красноярский край	15,4	19,1	17,3
к-16827	Без названия, Беларусь, Брестская обл.	15,4	20,1	17,8	к-31580	Дева, Беларусь	15,4	19,7	17,6
к-17372	Без названия, Польша	16,5	20,1	18,3	к-23450	H.2866 Coll.Halle EP80, Эфиопия	17,7	20,3	19,0
к-20028	Л. АНОР 2537/63, Эфиопия	17,7	18,7	18,2	к-24821	H3048, Эфиопия	16,5	18,5	17,5
к-20040	Л. АНОР 2551/63, Эфиопия	17,1	19,4	18,3	к-25008	Местный, Эфиопия	16,7	18,5	17,6
к-20041	Л. АНОР 4256/63, Эфиопия	17,7	20,5	19,1	к-5448	Абул 8, Эфиопия	17,7	19,6	18,7
к-20079	Линия АНОР 2547/63, Эфиопия	17,1	18,7	17,9	к-30919	Омский голозерный 1, Омская обл., st	16,5	18,0	17,3
к-23491	De printemps, Франция	16,5	18,1	17,3	–	Арчекас, Кемеровская обл.	16,2	18,7	17,5
к-25085	TR02-PR02-CEV, Мексика	16,8	19,8	18,3	–	Мутант Винера, Новосибирская обл.	16,0	19,8	17,9
к-25872	ЕВ 1626, Индия	18,8	20,9	19,9	–	Линия 1285, Новосибирская обл.	16,5	20,5	18,5
к-25967	CF-113, Франция	16,5	18,7	17,6	–	Линия 1, Новосибирская обл.	15,4	19,1	17,3
к-27345	Гибр. линия, Беларусь	17,1	19,8	18,5	–	Линия BAI JIN, Китай	17,1	19,4	18,3
к-28205	АНОР 3024/76, ГДР до 1991	17,7	18,3	18,0	–	Нудум 15	16,5	17,8	17,2
к-28645	S-274, Мексика	14,8	17,4	16,1	–	Целесте 17	16,0	18,5	17,3
к-28670	S-326, Мексика	15,4	18,4	16,9	–	Стрелецкий голозерный	15,4	17,1	16,3
к-28684	EP 79=L 92, Германия	15,4	19,8	17,6	–	HCP _{0,05}	1,1	2,5	1,6

Таблица 2. Аминокислотный состав зерна ярового голозерного ячменя (коллекция ВИР), 2023–2024 годы
Table 2. Amino acid composition of spring hulls barley grain (VIR collection), 2023–2024

№ каталога ВИР	Незаменимые аминокислоты, %										Заменимые аминокислоты, %										Общая сумма аминокислот, %
	лизин	гистидин	лейцин + изолейцин	валин	метионин	треонин	триптофан	фенилаланин	всего	аланин	аргинин	аспар. кислота + аспарагин	глицин	глут. кислота + глутамин	пролин	серин	тирозин	цистеин	всего		
к-514	0,34	0,26	1,26	0,57	0,27	0,47	0,15	0,52	3,84	0,45	0,90	0,80	0,40	2,80	1,41	0,69	0,34	0,29	8,08	11,92	
к-3115	0,35	0,27	1,36	0,62	0,27	0,46	0,12	0,62	4,07	0,44	0,92	0,93	0,42	3,03	1,69	0,67	0,37	0,38	8,85	12,92	
к-4526	0,37	0,29	1,42	0,65	0,25	0,45	0,16	0,61	4,20	0,45	0,84	0,81	0,38	4,04	1,77	0,67	0,37	0,35	9,68	13,88	
к-5058	0,36	0,28	1,46	0,66	0,28	0,46	0,15	0,65	4,30	0,46	0,94	0,82	0,47	4,00	1,74	0,70	0,38	0,37	9,88	14,18	
к-5411	0,42	0,32	1,60	0,63	0,29	0,53	0,19	0,73	4,71	0,51	0,95	0,86	0,44	3,65	1,43	0,79	0,41	0,40	9,64	14,35	
к-6246	0,40	0,29	1,48	0,68	0,27	0,47	0,19	0,67	4,45	0,49	0,87	0,86	0,51	3,62	1,61	0,71	0,38	0,40	9,45	13,90	
к-8923	0,41	0,24	1,60	0,64	0,28	0,58	0,18	0,70	4,63	0,52	0,70	0,88	0,52	3,43	1,70	0,77	0,42	0,38	9,32	13,95	
к-13272	0,30	0,26	1,16	0,60	0,27	0,44	0,15	0,59	3,77	0,43	0,93	0,84	0,39	2,80	1,70	0,66	0,29	0,32	8,36	12,13	
к-16535	0,24	0,20	1,02	0,40	0,20	0,38	0,20	0,53	3,17	0,32	0,84	0,92	0,35	3,61	1,69	0,51	0,29	0,35	8,88	12,05	
к-16547	0,34	0,28	1,32	0,60	0,22	0,40	0,21	0,58	3,95	0,42	0,63	0,91	0,40	3,68	1,37	0,50	0,37	0,40	8,68	12,63	
к-16827	0,28	0,28	1,10	0,42	0,17	0,31	0,19	0,54	3,29	0,32	0,70	0,93	0,37	3,62	1,69	0,49	0,31	0,40	8,83	12,12	
к-17372	0,30	0,24	1,10	0,49	0,23	0,38	0,18	0,55	3,47	0,38	0,87	0,92	0,44	4,25	1,49	0,63	0,35	0,33	9,66	13,13	
к-25872	0,40	0,20	1,44	0,67	0,28	0,47	0,21	0,67	4,34	0,47	0,98	0,95	0,48	4,06	1,66	0,68	0,40	0,40	10,1	14,42	
к-28205	0,35	0,26	1,36	0,59	0,24	0,38	0,22	0,59	3,99	0,43	0,87	0,89	0,45	3,71	1,36	0,64	0,32	0,39	9,06	13,05	
к-31125	0,32	0,21	1,22	0,57	0,24	0,44	0,20	0,61	3,81	0,40	0,79	0,82	0,39	3,83	1,68	0,65	0,38	0,40	9,34	13,15	
к-31178	0,36	0,24	1,44	0,65	0,28	0,50	0,12	0,59	4,18	0,48	0,71	0,97	0,47	3,24	1,53	0,75	0,36	0,39	8,90	13,08	
к-31520	0,44	0,27	1,62	0,65	0,30	0,54	0,18	0,71	4,71	0,55	0,63	0,89	0,61	3,73	1,55	0,77	0,42	0,31	9,46	14,17	
к-21694	0,40	0,21	1,54	0,66	0,27	0,53	0,18	0,62	4,41	0,49	1,03	0,87	0,50	3,47	1,62	0,70	0,41	0,40	9,48	13,90	
к-30919, st	0,36	0,20	1,40	0,53	0,19	0,40	0,14	0,62	3,84	0,44	0,86	0,80	0,47	3,62	1,70	0,47	0,30	0,25	8,91	12,75	
Нудум 15	0,44	0,21	1,56	0,72	0,28	0,51	0,18	0,69	4,59	0,52	1,06	0,86	0,52	3,88	1,72	0,66	0,39	0,26	9,87	14,46	
Целесте 17	0,42	0,20	1,48	0,67	0,23	0,51	0,13	0,66	4,30	0,51	1,02	0,85	0,53	3,75	1,68	0,69	0,39	0,28	9,70	14,00	
Стрелецкий голозерный	0,47	0,21	1,72	0,77	0,27	0,42	0,20	0,74	4,80	0,57	1,02	0,89	0,58	3,87	1,76	0,50	0,44	0,26	9,89	14,69	
НСР _{0,05}	0,03	F _φ < F _τ	0,12	0,05	0,03	0,05	0,01	0,08	0,44	0,05	0,08	0,05	0,04	0,21	0,10	0,06	0,02	F _φ < F _τ	0,71	1,03	

Кроме отмеченных из коллекции по содержанию критических аминокислот восьми сортообразцов, выделилась линия ярового ячменя Целесте 17 по содержанию лизина (0,42 %), массовая доля дефицитных аминокислот в зерне у данной линии (0,78 %) была немного ниже уровня лучших сортообразцов. По содержанию метионина выделились следующие сортообразцы: к-514, к-3115, к-5058, к-13272, к-31178 (0,27–0,28 %); по содержанию триптофана – к-16535, к-16547, к-16827, к-28205, к-31125 (0,19–0,22 %).

Треонин (поддерживает иммунную систему) – не лимитирующая, но важная незаменимая аминокислота, наибольшие значения (0,50–0,58 %) по его содержанию показали 5 сортов и линий, которые обладают наилучшими показателями по сумме дефицитных заменимых аминокислот: к-5411 (0,53 %), к-8923 (0,58 %), к-31520 (0,54 %), к-21694 (0,53 %), Нудум 15 (0,51 %), а также сортообразцы Целесте 17 (0,51 %) и к-31178 (0,50 %). Максимальный показатель по треонину (0,58 %) наблюдался у линии к-8923.

На долю заменимых аминокислот в белке зерна голозерного ячменя в зависимости от сорта приходится 65,6–70,2 % от суммы всех аминокислот. Максимальное количество заменимых аминокислот отмечено у 8 сортов и линий, из них 7 выделились по сумме незаменимых аминокислот и общему содержанию аминокислот: к-4526 (9,68 %), к-5058 (9,88 %), к-5411 (9,64 %), к-25872 (10,10 %), Нудум 15 (9,87 %), Стрелецкий голозерный (9,89 %), Целесте 17 (9,70 %), а также сортообразец к-17372 (9,66 %).

Значительную часть среди заменимых аминокислот составляет глутамин (2,58–4,25 %), укрепляющий память и усиливающий внимание. Незначительная часть приходится на тирозин (0,28–0,44 %) и цистеин (0,25–0,40 %), ответственные за синтез гормонов и работу иммунной системы. Существенных различий по цистеину между сортами голозерного ячменя не выявлено.

Анализ содержания и соотношения незаменимых и заменимых аминокислот в белке сор-

тов голозерного ячменя показал, что, кроме выделившихся из коллекции 8 сортов и линий по сумме незаменимых и лимитирующих аминокислот, заслуживает внимания линия к-4526, которая выделилась по общему содержанию аминокислот в зерне (13,88 %) и имела повышенное содержание незаменимых (4,20 %) и заменимых аминокислот (9,68 %).

Выводы. При изучении коллекции ВИР ярового голозерного ячменя в среднем за 2023–2024 гг. выделилась группа сортов с повышенным содержанием белка независимо от метеорологических условий произрастания (19,0–19,9 % в среднем за годы исследований), которую необходимо вовлекать в скрещивание для создания высокотехнологичных сортов, отражающих их сырьевые достоинства и направления использования: к-5411 (Болгария), к-20041 (Эфиопия), к-25872 (Индия), к-31125 (Челябинская обл.), к-21694 (Свердловская обл.), к-23450 (Эфиопия), к-11069 (Приморский край), к-3115 (Таджикистан).

Из коллекционного и селекционного материала голозерного ячменя, выращенного в засушливых условиях степной зоны Среднего Поволжья, выделены источники высокого содержания незаменимых (4,30–4,80 %) и лимитирующих аминокислот (0,85–0,94 %), а также общего содержания аминокислот (13,88–14,69 %), которые рекомендуются для включения в селекционные программы по созданию высококачественных сортов голозерного ячменя пищевого и кормового назначения: к-4526 (Ивановская обл.), к-5058 (Туркменистан), к-5411 (Болгария), к-6246 (Грузия), к-8923 (Португалия), к-25872 (Индия), к-31520 (Украина), к-21694 (Свердловская обл.), Нудум 15, Целесте 17, Стрелецкий голозерный (селекции ФНЦ ЗБК и СамНЦ РАН). Подтверждена питательная ценность зерна ярового ячменя Стрелецкий голозерный, созданного в сотрудничестве ФНЦ ЗБК и СамНЦ РАН, допущенного к использованию с 2025 года.

Финансирование. Данная работа финансировалась за счет средств бюджета института (регистрационный № 124081300026-3 темы научного исследования).

Библиографический список

1. Аниськов Н. И., Поползухин П. В., Николаев П. Н., Сафонова И. В. Агробиологическая ценность сортов ярового ячменя Омский голозерный 1 и Омский голозерный 2 // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 6. С. 24–31.
2. Железнов А. В., Кукоева Т. В., Железнова Н. Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 2. С. 286–297.
3. Левакова О. В., Ерошенко Л. М. Высокобелковые сорта и перспективные линии ярового ячменя // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 23–25.
4. Лукина К. А., Ковалева О. Н., Лоскутов И. Г. Голозерный ячмень: систематика, селекция и перспективы использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. Т. 26, № 6. С. 524–536.
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.
6. Сумина А. В., Полонский В. И. Содержание ценных веществ в зерне ячменя, выращенного в контрастных климатических условиях // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50, № 1. С. 23–31.
7. Филиппов Е. Г., Дорошенко Э. С. Голозерный ячмень: состояние изученности и перспективы использования // Зерновое хозяйство России. 2015. № 4. С. 8–12.

8. Цандекова О. Л., Неверова О. А. Особенности голозерного ячменя в оценке продуктивности и качества зерна (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5. С. 12–15.
9. 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.
10. 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.
11. Шевченко С. Н., Долженко Д. О., Калякулина И. А. Результаты селекции голозерного ячменя в Среднем Поволжье // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 2(38). С. 15–27.

References

1. Anis'kov N. I., Popolzukhin P. V., Nikolaev P. N., Safonova I. V. Agrobiologicheskaya tsennost' sortov yarovogo yachmenya Omskii golozernyi 1 i Omskii golozernyi 2 [Agrobiological value of the spring barley varieties 'Omsky Golozerny 1' and 'Omsky Golozerny 2'] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2015. № 6. S. 24–31.
2. Zheleznov A. V., Kukoeva T. V., Zheleznova N. B. Yachmen' golozernyi: proiskhozhdenie, rasprostraneniye i perspektivy ispol'zovaniya [Hulles barley: origin, distribution and prospects of use] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2013. T. 17, № 2. S. 286–297.
3. Levakova O. V., Eroshenko L. M. Vysokobelkovyye sorta i perspektivnyye linii yarovogo yachmenya [High-protein varieties and promising spring barley lines] // Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. № 6. S. 23–25.
4. Lukina K. A., Kovaleva O. N., Loskutov I. G. Golozernyi yachmen'; sistematika, selektsiya i perspektivy ispol'zovaniya [Hulles barley: taxonomy, breeding and prospects of use] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2022. T. 26, № 6. S. 524–536.
5. Polonskii V. I., Loskutov I. G., Sumina A. V. Seleksiya na sodержание antioksidantov v zerne kak perspektivnoye napravleniye dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya [Breeding for antioxidant content in grain as a promising direction for obtaining healthy food products] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2018. T. 22, № 3. S. 343–352.
6. Sumina A. V., Polonskii V. I. Soderzhanie tsennykh veshchestv v zerne yachmenya, vyrashchennogo v kontrastnykh klimaticheskikh usloviyakh [Content of valuable substances in barley grain grown in contrasting climatic conditions] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2020. T. 50, № 1. S. 23–31.
7. Filippov E. G., Doroshenko E. S. Golozernyi yachmen' sostoyaniye izuchennosti i perspektivy ispol'zovaniya [Hulles barley: state of study and prospects for use] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2015. № 4. S. 8–12.
8. Tsandekova O. L., Neverova O. A. Osobennosti golozernogo yachmenya v otsenke produktivnosti i kachestva zerna (obzor) [Features of hulles barley in estimating productivity and grain quality (review)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 5. S. 12–15.
9. 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 of hulled and hulles barley varieties in the Middle Volga region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. № 1. S. 23–28.
10. Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Bisharev A. A., Kalyakulina I. A., Anisimkina N. V. Otsenka urozhainosti, sodержaniya belka v zerne i plenchatosti yarovogo yachmenya v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Estimation of productivity, protein percentage in grain and hulliness of spring barley in the Middle Volga region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 4. S. 72–77.
11. Shevchenko S. N., Dolzhenko D. O., Kalyakulina I. A. Rezul'taty seleksii golozernogo yachmenya v Srednem Povolzh'e [Results of hulles barley breeding in the Middle Volga region] // Zernobobovyye i krupyanye kul'tury. 2021. № 2(38). S. 15–27.

Поступила: 06.03.25; доработана после рецензирования: 17.03.25; принята к публикации: 18.03.25.

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; Долженко Д. О. – 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.

ОСТАТОЧНЫЙ ВОДНЫЙ ДЕФИЦИТ КАК ОДИН ИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

В. Л. Газе, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, l.fiziologii@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125;

И. А. Лобунская, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, lobunskaya95@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498;

Е. Ю. Черпакова, агроном лаборатории клеточной селекции, elena123089@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915;

Н. В. Яновская, агроном лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270;

Г. Я. Кривошеев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В сельском хозяйстве засуха определяется как отсутствие почвенной влаги для обеспечения роста и развития сельскохозяйственных культур. Актуальность создания засухоустойчивых гибридов кукурузы возрастает в связи с происходящими глобальными изменениями климата и увеличением ареала кукурузосеяния. Эффективность этого направления селекции в значительной степени зависит от наличия исходного материала и, следовательно, от точности используемых методов оценки. Цель исследований – определение засухоустойчивости исходного материала самоопыленных линий и гибридов кукурузы. В статье приведены исследования за период 2022–2024 гг. по определению засухоустойчивости методом остаточного водного дефицита (ОВД) вегетирующих растений кукурузы. Исследования проведены в Аграрном научном центре «Донской», находящемся в зоне с нестабильным уровнем увлажнения, которая позволяет проводить отбор генотипов, проявляющих устойчивость к водному дефициту в условиях естественной засухи. Объектом исследований служили 170 образцов кукурузы, из них 80 гибридов в конкурсном сортоиспытании и 90 линий рабочей коллекции питомника гибридизации. Выделены 29 гибридов с невысоким водным дефицитом как в фазу цветения (3,59–8,92 %), так и в фазу молочно-восковой спелости зерна (4,01–14,54 %), и 25 линий с низкими значениями ОВД в фазу цветения (4,09–10,86 %) и незначительным его приростом (0,02–2,0 %) в процессе усиления засухи к фазе молочно-восковой спелости. Выделенные линии и простые гибриды кукурузы с высоким уровнем засухоустойчивости рекомендуются для включения в схемы скрещивания для создания трехлинейных гибридов, адаптированных к водному стрессу.

Ключевые слова: кукуруза, засухоустойчивость, остаточный водный дефицит, гибрид, самоопыленные линии.

Для цитирования: Газе В. Л., Лобунская И. А., Черпакова Е. Ю., Яновская Н. В., Кривошеев Г. Я. Остаточный водный дефицит как один из критериев оценки засухоустойчивости линий и гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 20–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-20-25.



RESIDUAL WATER DEFICIT AS ONE OF THE CRITERIA FOR ESTIMATING DROUGHT RESISTANCE OF MAIZE LINES AND HYBRIDS

V. L. Gaze, junior researcher of the laboratory for cell breeding, l.fiziologii@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125;

I. A. Lobunskaya, junior researcher of the laboratory for cell breeding, lobunskaya95@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498;

E. Yu. Cherpakova, agronomist of the laboratory for cell breeding, elena123089@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915;

N. V. Yanovskaya, agronomist of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270;

G. Ya. Krivosheev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672
FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Agricultural drought is defined as the lack of soil moisture to ensure the growth and development of agricultural crops. The relevance of developing drought-resistant maize hybrids is increasing due to ongoing global climate change and the expansion of the maize growing area. The efficiency of this breeding direction largely depends on the availability of the initial material and, consequently, on the accuracy of the estimation methods used. The purpose of the current study was to determine the drought resistance of the initial material of self-pollinated maize lines and hybrids. The paper has presented the study of drought resistance of vegetative maize plants by the method of residual water deficit (RWD) in 2022–2024. The study was conducted at the Agricultural Research Center "Donskoy", located in a area with unstable moisture levels, which allowed selecting genotypes with resistance to water deficit under natural aridity. The objects of the study were 170 maize samples, including 80 hybrids in the Competitive Variety Testing and 90 lines of the working collection of the hybridization nursery. There have been identified 29 hybrids with low

water deficit, both in the flowering stage (3.59–8.92 %) and in the milky-wax ripeness stage of grain (4.01–14.54 %), and 25 lines with low RWD values in the flowering stage (4.09–10.86 %) and its insignificant increase (0.02–2.0 %) to the milky-wax ripeness stage under drought increase. The identified maize lines and simple hybrids with high levels of drought tolerance could be recommended for crossing schemes to develop three-line hybrids adapted to water stress.

Keywords: maize, drought resistance, residual water deficit, hybrid, self-pollinated lines.

Введение. Кукуруза – это одна из высокопродуктивных агрокультур, входящая в тройку мировых лидеров наряду с пшеницей и рисом по посевным площадям и валовом сборе зерна. По своему народнохозяйственному значению кукуруза является одной из наиболее универсальных культур (Игнатьев, 2021; Николаев, 2023; Орлянская и др., 2023). Благодаря биологическим свойствам растения способны накапливать органические вещества (зерно, листостебельная и корневая масса) за вегетационный период, что является не только важным источником продовольствия, но и ценным кормом для животных (Сукиасян, 2019).

В Российской Федерации основными регионами, где культивируется кукуруза, являются южные области. Эти регионы подвержены засухам, которые могут существенно повлиять на урожайность зерна. Засуха выступает одним из наиболее серьезных стрессоров для кукурузы, так как она ограничивает доступность влаги, необходимой для нормального роста и развития растений (Кагермазов и Хачидогов, 2018). Исследования, направленные на повышение устойчивости к неблагоприятным условиям среды, являются приоритетным направлением в связи с усилением аридности климата (Панфилова и др., 2020; Кривошеев и др., 2021; McMillen et al., 2022).

Эффективность селекционной работы напрямую зависит от применяемых методов оценки засухоустойчивости, и выбор наиболее информативных критериев играет решающую роль (Гусева и др., 2023). Среди существующих методов оценки засухоустойчивости – остаточный водный дефицит (ОВД) (Кривошеев и др., 2021). Водный дефицит определяется как процентное отношение разности между максимальным содержанием воды в клетках (при полном насыщении) и фактическим содержанием воды к максимальному содержанию. Он показывает, насколько обезвожены клетки растения в данный момент. Чем ниже показатель ОВД, тем выше засухоустойчивость, так как растение способно эффективно удерживать воду даже при ограниченном ее поступлении из почвы (Кривошеев и др., 2016).

Цель исследований – определение засухоустойчивости исходного материала самоопыленных линий и гибридов кукурузы.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2022–2024 гг. в лаборатории клеточной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Оценку проводили на 170 образцах кукурузы (80 гибридов – конкурсное сортоиспытание и 90 линии рабочей коллекция питомника гибридизации). Изучаемые линии и гибриды ежегодно частично обновлялись.

Оценку засухоустойчивости определяли по величине остаточного водного дефицита вегетирующих растений по методу Л. С. Литвинова. Прирост остаточного водного дефицита определяли по разности величин водного дефицита в фазы цветения и молочно-восковой спелости зерна.

Годы проведения исследований оказались контрастными по метеоусловиям, различаясь по температурному режиму и влагообеспеченности.

Отбор проб проводили в фазу цветения початков кукурузы и в фазу молочно-восковой спелости зерна. В фазы отбора проб (июль–август) 2022 г. характеризовался среднемесячной температурой воздуха и количеством осадков: июль – 25,2 °C и 55,8 мм; август – 26,6 °C и 47,2 мм. В 2023 г. среднемесячная температура воздуха и количество осадков составили: июль – 23,6 °C и 51,3 мм; август – 25,6 °C и 19,5 мм. В 2024 г. среднемесячная температура воздуха и количество осадков в июле составили 27,6 °C и 25,0 мм; в августе – 25,4 °C и 3,5 мм. То есть в период отбора образцов ОВД 2022 и 2023 гг. были примерно одинаковые условия, более благоприятные, чем в 2024 г., характеризующимся наиболее жаркими и засушливыми погодными условиями.

В качестве стандарта для линий использовали самоопыленную линию KB 469 MB, которая ранее выделена как устойчивая к водному стрессу. Для тестеров (простых гибридов) стандартом служил гибрид Зерноградский 354 MB с известной засухоустойчивостью.

Математическую обработку данных выполняли с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 10.

Таблицы иллюстрируют лучшие линии и гибриды по изучаемому признаку.

Результаты и их обсуждение. Устойчивость к засухе растений кукурузы может зависеть от интенсивности и продолжительности засухи, стадии роста и механизмов их устойчивости.

Исследования за период 2022–2024 гг. позволили выделить засухоустойчивые самоопыленные линии кукурузы. Изучаемые линии в 2022 г. различались по значениям остаточного водного дефицита в фазы цветения – от 4,42 до 19,96 % и молочно-восковой спелости зерна – от 6,88 до 68,83 %, что характеризует их различную устойчивость к водному стрессу. Достоверного снижения значений остаточного водного дефицита по сравнению со стандартной линией KB 469 MB (8,95 и 13,40 %) как в фазу цветения, так и фазу молочно-восковой спелости зерна не зафиксировано ($HC_{05} = \pm 1,99$ и 5,29 %). Однако новая самоопыленная линия СП-56/57 имела абсолютные значения

ОВД в фазу цветения (7,41 %) и в фазу молочно-восковой спелости (8,41 %) ниже, чем у стандарта.

Значения прироста остаточного водного дефицита растений кукурузы варьировали от 0,52 до 1,74 %. Достоверного снижения прироста ОВД от фазы к фазе по сравнению со стандартом KB 469 MB (4,45 %) не отмечено

($HCP_{05} = \pm 5,14\%$). Минимальные значения прироста водного дефицита по сравнению со стандартом KB 469 MB зафиксированы у 8 линий: СП 75/15-11, СП 56/57-21/12, СП56/57, ДС 768/85-3, Лу 25, СП 56/57-2/21, КР 1 MB и RD 6, имеющих наименьшие значения ОВД в фазы цветения (7,41–10,86 %) и молочной спелости зерна (8,41–12,16 %) (табл. 1).

Таблица 1. Изменение остаточного водного дефицита листьев самоопыленных линий кукурузы (2022–2024 гг.)
Table 1. Residual water deficit change in leaves of self-pollinated maize lines (2022–2024)

Годы	Образец	Остаточный водный дефицит, %		Прирост ОВД, %
		Фаза цветения	Фаза молочно-восковой спелости	
2022	KB 469 MB, st	8,95	13,40	4,45
	СП 75/15-11	9,37	10,98	0,52
	СП 56/57-21/12	9,64	10,46	0,82
	СП 56/57	7,41	8,41	1,00
	ДС 768/85-3	10,76	11,88	1,12
	Лу 25	10,86	12,16	1,30
	СП 56/57-2/21	7,80	9,16	1,36
	КР 1 MB	8,35	9,99	1,64
	RD 6	7,41	9,15	1,74
2023	HCP_{05}	1,99	5,29	5,14
	KB 469 MB, st	4,65	6,64	1,99
	С 232	4,79	5,50	0,71
	KB 331	5,80	6,73	0,93
	KB 498	5,44	6,40	0,96
	KB 498 M	4,09	5,08	1,01
	KB 373	5,65	6,86	1,21
	СП 56/57 _{121 121 111}	5,47	6,70	1,23
	ЛУ 25	5,61	7,02	1,41
	СП 56/57	4,76	6,53	1,77
	СП 56/57 _{121 111 111}	6,10	7,89	1,79
	СП 56/57 _{121 121 151 12}	4,56	6,56	2,00
	HCP_{05}	0,89	1,17	1,42
2024	KB 469 MB, st	5,07	8,97	3,90
	ДК 22/123	5,85	5,91	0,06
	С 232	7,75	7,99	0,24
	KB 498	5,74	5,94	0,20
	9837B	6,01	6,21	0,20
	ДС498/203-3 (№ 2)	4,88	5,17	0,29
	СП 56/-2 (№3)	5,99	6,01	0,02
	СП 56/57-21 (№ 1)	6,31	6,34	0,03
	HCP_{05}	1,99	4,01	3,53

При изучении самоопыленных линий урожая 2023 г. величина остаточного водного дефицита в фазу цветения варьировала от 2,48 до 7,86 %, а в фазу молочно-восковой спелости зерна – от 4,76 до 14,50 %. Достоверное снижение значений водного дефицита по сравнению со стандартной линией KB 469 MB (6,64 %) в фазу цветения не выявлено, а в фазу молочно-восковой спелости зерна отмечено у линии KB 498 M – 5,08 % ($HCP_{05} = \pm 0,89$ и 1,17 %).

По показателю прироста ОВД среди линий достоверное снижение по сравнению со стандартной линией KB 469 MB (1,99 %) не выявлено ($HCP_{05} = \pm 1,42\%$). Наименьшее

значения ОВД, как в фазу цветения, так и молочно-восковой спелости зерна, а также минимальный прирост от фазы к фазе по сравнению со стандартом KB 469 MB зафиксированы у линий С 232, KB 331, KB 498, KB 498 M, KB 373, СП 56/57_{121 121 111}, Лу 25, СП 56/57, СП 56/57_{121 111 111}, KB 469 и СП 56/57_{121 121 151 12}.

В 2024 г. значения остаточного водного дефицита в фазу цветения варьировали от 3,60 до 9,71 %, а в фазу молочной спелости зерна – от 5,03 до 16,23 %. Достоверное снижение значения остаточного водного дефицита в эти фазы по сравнению со стандартом KB 469 MB (5,07 и 8,97 %) не обнаружено ($HCP_{05} = \pm 1,99$ и 4,01 %).

Наименьший прирост влаги в листьях по сравнению со стандартом КВ 469 МВ отмечен у линий СП 56/-2 (№ 3), СП 56/57-21 (№ 1), ДК 22/123, КВ 498, 9837В, С 232 и ДС 498/203-3 (№ 2), которые имели минимальные значения ОВД в фазы цветения – 4,88–7,75 % и молочной спелости зерна – 5,17–7,99 % ($HCP_{05} = \pm 3,53$ %).

Все выделившиеся линии представляют ценность в качестве исходного материала для выведения засухоустойчивых гибридов кукурузы. Отбор самоопыленных линий с лучшими показателями остаточного водного дефицита позволяет сформировать коллекцию линий – отцовских форм для программ скрещивания по созданию трехлинейных засухоустойчивых гибридов кукурузы.

Исследования за период 2022–2024 гг. позволили оценить гибридные комбинации по величине водного дефицита и его прироста.

В 2022 г. показатели остаточного водного дефицита в фазу цветения были в диапазоне от 5,40 до 21,72 %, а в фазу молочно-восковой спелости зерна значения увеличились и варьировали от 6,44 до 48,29 %. Достоверное снижение значений водного дефицита по сравнению со стандартом Зерноградский 354 МВ в фазу цветения отмечено у 18 гибридов, а в фазу молочно-восковой спелости зерна – у двух гибридов ($HCP_{05} = \pm 2,41$ и 7,30 %).

Низкий водный дефицит как в фазу цветения, так и в фазу молочно-восковой спелости зерна и его прирост по сравнению со стандартом Зерноградский 354 МВ отмечены у 9 гибридов: КР 3 х ДС 768/85, Зерноградский 299, КР 5 х ДС 768/85, Дарина МВ, Нимфа С х (РН 53х GK 57), Кр194, Круча М х ДС 257/85, Круча М х ДС 768/85 и К194 ($HCP_{05} = \pm 7,87$ %) (табл. 2).

Таблица 2. Изменение остаточного водного дефицита листьев выделившихся гибридов кукурузы (2022–2024 гг.)
Table 2. Residual water deficit change in leaves of identified maize hybrids (2022–2024)

Годы	Образец	Остаточный водный дефицит, %		Прирост ОВД, %
		Фаза цветения	Фаза молочно-восковой спелости	
2022	Зерноградский 354 МВ, st	11,14	15,62	4,48
	КР 3 х ДС 768/85	5,87	6,44	0,57
	Зерноградский 299 МВ	7,45	8,26	0,81
	КР 5 х ДС 768/85	8,55	9,51	0,96
	Дарина МВ	7,98	9,11	1,13
	Нимфа С х (РН 53х GK 57)	8,25	9,98	1,73
	Кр194	7,67	10,30	2,63
	Круча М х ДС 257/85	6,47	10,14	3,67
	Круча М х ДС 768/85	6,17	10,04	3,87
	К 194	5,40	9,78	4,38
	HCP_{05}	2,41	7,30	7,87
2023	Зерноградский 354 МВ, st	7,19	9,99	2,80
	Круча М х СП 75/15-21	7,42	7,52	0,10
	КЛ 186 х ДС 257/85-6	7,39	7,57	0,18
	КВ 401 х КВ 498	7,87	8,96	0,23
	ПВ 2022-309	8,29	8,55	0,26
	ПВ 2022-323	8,29	8,68	0,39
	ПВ 2022-183	8,38	8,82	0,44
	Мила М х КВ 331	8,31	8,75	0,44
	ПВ 2022-267	8,92	9,47	0,55
	Витязь МВ	8,06	8,61	0,55
	ПВ 2022-23	7,83	8,32	0,49
	ПВ 2022-194	7,23	7,94	0,71
	HCP_{05}	2,03	2,31	2,31
	Зерноградский 354 МВ, st	6,88	8,89	2,01
2024	Круча М	3,59	4,01	0,42
	Юца М	4,81	5,49	0,68
	КВ 399 х С 204	5,53	7,21	1,68
	КВ 399 х TV 7331	6,53	7,16	0,63
	ГК 26 АМ х TV 7331	5,35	6,17	0,82
	(ГК 26 АМ х КВ 401) х ДС 498/203-4	7,22	14,54	7,32
	КВ 498 М х КВ 469 МВ	5,51	7,36	1,85
	КВ 498 М х ДС 498/203	6,14	6,57	0,43
	ГК 26 АМ х СП 280	6,04	7,10	1,06
	HCP_{05}	1,89	5,55	5,89

В 2023 г. достоверного снижения значений водного дефицита по сравнению со стандартом в фазу цветения не выявлено, а в молочно-восковую – у гибридов Круча М х СП 75/15-21 и КЛ 186 х ДК 257/85-6 ($НСР_{05} = 2,03$ и $2,31$ %).

Значения прироста остаточного водного дефицита растений кукурузы варьировали от 0,10 до 16,90 %. Наименьшие значения ОВД как в фазу цветения, так и молочно-восковой спелости зерна, а также минимальный прирост от фазы к фазе по сравнению со стандартом Зерноградский 354 МВ отмечены у гибридов Круча М х СП 75/15-21, КЛ 186 х ДС 257/85-6, КВ 401 х КВ 498, ПВ 2022-309, ПВ 2022-323, ПВ 2022-183, Мила М х КВ 331, Витязь МВ, ПВ 2022-267, ПВ 2022-23 и ПВ 2022-194 ($НСР_{05} = \pm 2,31$ %).

Среди гибридов растений кукурузы урожая 2024 г. достоверное снижение значения ОВД по сравнению со стандартом Зерноградский 354 МВ (6,88 и 8,89 %) в фазу цветения отмечено у гибридов Юца М и Круча М, а в фазу молочно-восковой спелости зерна не обнаружено ($НСР_{05} = \pm 1,89$ и $5,55$ %).

Величина прироста остаточного водного дефицита среди гибридов варьировала от 0,02 до 13,20 %. Достоверного снижения значений прироста ОВД среди гибридов кукурузы на зерно по сравнению со стандартным сортом Зерноградский 354 МВ (2,01 %) не выявлено ($НСР_{05} = \pm 5,89$ %). Минимальные значения ОВД в фазы цветения и молочно-восковой спелости зерна и наименьший прирост от фазы к фазе по сравнению со стандартным сортом отмечены у гибридов Круча М, КВ 498 М х ДС 498/203, КВ 399 х TV 7331, Юца М, ГК 26 АМ х TV 7331, ГК 26 АМ х СП 280, КВ 399 х С 204, (ГК 26 АМ х КВ 401) х ДС 498/203-4, КВ 498 М х КВ 469 МВ.

Рекомендуется включение выделенных простых гибридов в качестве материнских форм в программу скрещиваний с самоопыленными линиями – источниками засухоустой-

чивости для создания новых гибридов, высокоадаптивных к водному стрессу.

Выводы. Таким образом, за период 2022–2024 гг. из 170 изучаемых образцов кукурузы на зерно высокий уровень засухоустойчивости отмечен у 54 образцов (29 гибридов и 25 линий), что составляет 31,8 %.

Выделены новые засухоустойчивые самоопыленные линии, перспективные для селекции кукурузы: СП 75/15-11, СП 56/57-21/12, СП 56/57, ДС 768/85-3, Лу 25, СП 56/57-2/21, КР 1 МВ, RD 6, С 232, КВ 331, КВ 498, КВ 498 М, КВ 373, СП 56/57^{121 121 111}, СП 56/57^{121 111 111}, КВ 469, СП 56/57^{121 121 151 12}, СП 56/-2 (№ 3), СП 56/57-21 (№ 1), ДК 22/123, 9837В и ДС 498/203-3 (№ 2), с низкими значениями ОВД в фазу цветения (4,09–10,86 %) и незначительным его приростом (0,02–2,0 %) в процессе усиления засухи к фазе молочно-восковой спелости.

Выделены гибриды, устойчивые к водному стрессу: КР 3 х ДС 768/85, Зерноградский 299, КР 5 х ДС 768/85, Дарина МВ, Нимфа С х (РН 53х GK 57), Кр 194, Круча М х ДС 257/85, Круча М х ДС 768/85, К194, Круча М х СП 75/15-21, КЛ 186 х ДС 257/85-6, КВ 401 х КВ 498, ПВ 2022-309, ПВ 2022-323, ПВ 2022-183, Мила М х КВ 331, Витязь МВ, ПВ 2022-267, ПВ 2022-23, ПВ 2022-194, Круча М, КВ 498 М х ДС 498/203, КВ 399 х TV 7331, Юца М, ГК 26 АМ х TV 7331, ГК 26 АМ х СП 280, КВ 399 х С 204, (ГК 26 АМ х КВ 401) х ДС 498/203-4, КВ 498 М х КВ 469 МВ, с невысоким водным дефицитом как в фазу цветения (3,59–8,92 %), так и в фазу молочно-восковой спелости зерна (4,01–14,54 %).

Все выделившиеся образцы кукурузы по устойчивости к водному стрессу рекомендуются использовать как исходные формы для дальнейшей селекционной работы по выведению засухоустойчивых гибридов кукурузы.

Финансирование. Государственное задание № 0505-2022-0005 – ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской».

Библиографический список

1. Гусева С. А., Бочкарева Ю. В., Волков Д. П., Башинская О. С., Носко О. С., Ларина Т. В. Оценка относительной засухоустойчивости сортов образцов сахарной кукурузы в лабораторных условиях // Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 33(5). DOI: 10.23649/JAE.2023.33.4
2. Игнатьев А. С. Оценка новых самоопыленных линий и гибридов восковидной кукурузы (*Zea mays l. ceratina*) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 22–26. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-22-26
3. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Механизмы засухоустойчивости кукурузы // Инновации и продовольственная безопасность. 2018. № 2. С. 62–65.
4. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А. Устойчивость к водному стрессу новых самоопыленных линий и гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-46-50
5. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А., Газе В. Л., Анисимова Н. Н. Исходный материал для селекции засухоустойчивых гибридов кукурузы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 6(55). С. 15–20.
6. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А., Игнатьев А. С. Засухоустойчивость новых самоопыленных линий кукурузы и методы ее оценки // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3(27). С. 95–106. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-95-106
7. Николаев М. В. Климатические изменения и ведение полеводства в зоне осушаемых земель Европейского Нечерноземья России: уязвимость и адаптация // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58, № 1. С. 60–74. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.60rus

8. Орлянская Н. А., Орлянский Н. А., Чеботарев Д. С. Сравнительная индексация раннеспелых гибридов кукурузы в экологическом испытании // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24(4). С. 581–591. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.581-591
9. Панфилова О. Н., Чугунова Е. В., Дерунова С. Н. Исходный материал для селекции кукурузы на засухоустойчивость // Аграрный научный журнал. 2020. № 2. С. 29–37.
10. Сукиасян А. Р. Дифференциальная антиоксидантная реакция на засуху по зонам роста листьев кукурузы // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 169–177.
11. McMillen M. S., Mahama A. A., Sibiya J., Lübberstedt T., Suza W. P. Improving drought tolerance in maize: Tools and techniques // *Frontiers in Genetics*. 2022. Vol. 13, Article number 1001001.

References

1. Guseva S. A., Bochkareva Yu. V., Volkov D. P., Bashinskaya O. S., Nosko O. S., Larina T. V. Otsenka otnositel'noi zasukhoustoichivosti sortoobraztsov sakharnoi kukuruzy v laboratornykh usloviyakh [Estimation of relative drought resistance of sweet corn varieties in laboratory conditions] // *Journal of Agriculture and Environment*, 2023. № 33(5). DOI: 10.23649/JAE.2023.33.4
2. Ignat'ev A. S. Otsenka novykh samoopylennykh linii i gibridov voskovidnoi kukuruzy (*Zea mays* l. *ceratina*) [Estimation of new self-pollinated lines and hybrids of waxy maize (*Zea mays* l. *ceratina*)] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2021. № 2(74). S. 22–26. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-22-26
3. Kagermazov A. M., Khachidogov A. V. Mekhanizmy zasukhoustoichivosti kukuruzy [Mechanisms of drought resistance of maize] // *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*. 2018. № 2. S. 62–65.
4. Krivosheev G. Ya., Shevchenko N. A. Ustoichivost' k vodnomu stressu novykh samoopylennykh linii i gibridov kukuruzy [Resistance to water stress of new self-pollinated lines and hybrids of maize] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2021. № 5(77). S. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-46-50
5. Krivosheev G. Ya., Shevchenko N. A., Gaze V. L., Anisimova N. N. Iskhodnyi material dlya selektsii zasukhoustoichivyykh gibridov kukuruzy [Initial material for breeding drought-resistant hybrids of maize] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2016. № 6(55). S. 15–20.
6. Krivosheev G. Ya., Shevchenko N. A., Ignat'ev A. S. Zasukhoustoichivost' novykh samoopylennykh linii kukuruzy i metody ee otsenki [Drought resistance of new self-pollinated lines of maize and methods for its estimation] // *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2021. № 3(27). S. 95–106. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-95-106
7. Nikolaev M. V. Klimaticheskie izmeneniya i vedenie polevodstva v zone osushaemykh zemel' Evropeiskogo Nechernozem'ya Rossii: uyazvimost' i adaptatsiya [Climate change and field cultivation in the area of drained lands of the European Non-Black Earth Region of Russia: vulnerability and adaptation] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2023. T. 58, № 1. S. 60–74. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.60rus
8. Orlyanskaya N. A., Orlyanskii N. A., Chebotarev D. S. Sravnitel'naya indeksatsiya rannespelykh gibridov kukuruzy v ekologicheskom ispytanii [Comparative indexation of early-maturing maize hybrids in an ecological testing] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2023. № 24(4). S. 581–591. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.581-591
9. Panfilova O. N., Chugunova E. V., Derunova S. N. Iskhodnyi material dlya selektsii kukuruzy na zasukhoustoichivost' [Initial material for breeding maize for drought resistance] // *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*. 2020. № 2. S. 29–37.
10. Sukiasyan A. R. Differentsial'naya antioksidantnaya reaktsiya na zasukhu po zonam rosta list'ev kukuruzy [Differential antioxidant response to drought by maize leaf growth zones] // *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2019. № 2. S. 169–177.
11. McMillen M. S., Mahama A. A., Sibiya J., Lübberstedt T., Suza W. P. Improving drought tolerance in maize: Tools and techniques // *Frontiers in Genetics*. 2022. Vol. 13, Article number: 1001001.

Поступила: 10.03.25; доработана после рецензирования: 19.03.25; принята к публикации: 19.03.25

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. Газе В. Л. – концептуализация исследования, проведение лабораторных опытов; Лобунская И. А. – сбор данных и подготовка рукописи; Черпакова Е. Ю., Яновская Н. В. – проведение лабораторных опытов; Кривошеев Г. Я. – анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

МОНИТОРИНГ СОРТОВОГО СОСТАВА ЯРОВОГО ЯЧМЕНИ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Филенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства, g.filenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4271-0003;

Н. А. Шмелева², руководитель филиала ФГБНУ «Россельхозцентр» по Ростовской области;

А. А. Донцова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом селекции и семеноводства ячменя, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Ю. Г. Скворцова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства, ORCID ID: 0000-0002-1490-2422

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

²Филиал ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Ростовской области,

344029, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, ул. Конной Армии, зд. 15а, помещ. 411;

e-mail: rsc61@mail.ru

Ячмень яровой, несмотря на снижение посевных площадей, в условиях Донского региона остается значимой зерновой продовольственной, кормовой и технической агрокультурой. Цель исследований – мониторинг сортов ярового ячменя в Ростовской области. Для решения этой задачи была проанализирована динамика посевных площадей, урожайность и сортовой состав ярового ячменя в шести различных почвенно-климатических зонах региона за период с 2022 по 2024 год. Установлено, что в данный период в регионе допущено по Северо-Кавказскому региону к возделыванию 27–30 сортов ярового ячменя, которые отличаются по своим хозяйственным и биологическим признакам. Выяснено, что в области за последние три года культивируется всего лишь 26–28 сортов ячменя на площади от 201,7 до 222,9 тыс. га. Наибольшие посевные площади под яровым ячменем в области расположены в трех основных агроклиматических зонах: северо-западной, северо-восточной и южной (более 60 %). Основными научными учреждениями, производящими семенной материал сортов ярового ячменя для Ростовской области, являются ФГБНУ АНЦ Донской, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» и ООО «Агростандарт». Выявлено, что максимальную площадь посева (155,5–168,1 тыс. га) ярового ячменя за период 2022–2024 гг. занимали сорта, внесенные в реестр более 15 лет. Наиболее перспективными и урожайными являются следующие сорта: Прерия, Вакула, Ратник, Леон, Грис, Одесский 22, которые востребованы в производстве независимо от природно-климатических условий Ростовской области. Дальнейшему росту урожайности и увеличению валовых сборов ярового ячменя в регионе будет способствовать использование новых и перспективных сортов ячменя, внесенных в Госреестр по Северо-Кавказскому региону.

Ключевые слова: сорт, яровой ячмень, семеноводство, оригинаторы, сортовой состав.

Для цитирования: Филенко Г. А., Шмелева Н.А., Донцова А.А., Скворцова Ю.Г. Мониторинг сортового состава ярового ячменя в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 26–32. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-26-32.



MONITORING OF SPRING BARLEY VARIETAL COMPOSITION IN THE ROSTOV REGION

G. A. Filenko¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for primary seed production, g.filenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4271-0003;

N. A. Shmeleva², head of the branch of the FSBI "Russian Agricultural Center in the Rostov region;

A. A. Dontsova¹, Candidate of Agricultural Sciences, head of the department of barley breeding and seed production, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Yu. G. Skvortsova¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for primary seed production, ORCID ID: 0000-0002-1490-2422

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

²Branch of the FSBI "Russian Agricultural Center" in the Rostov region,

344029, Rostov region, Rostov-on-Don, 1st Konnaya Armiya Str., 15A/411; e-mail: rsc61@mail.ru

Spring barley, despite the decrease of sown areas, remains a significant grain food, feed and technical agricultural crop in the Don region. The purpose of the current study was to monitor spring barley varieties in the Rostov region. In order to solve this problem, there have been analyzed dynamics of sown areas, yields and spring barley varietal composition in six different soil and climatic zones of the region for the period from 2022 to 2024. There has been found that during this period, 27–30 spring barley varieties with different economic and biological characteristics are allowed for cultivation in the North Caucasus region. There has been established that over the past three years only 26–28 barley varieties have been cultivated on an area of 201.7 to 222.9 K hectares in the region. The largest areas under spring barley in the region are in such three main agroclimatic zones as northwestern, northeastern and southern (more than 60 %). The main scientific institutions producing seed material of spring barley varieties for the Rostov region are the FSBSI "ARC "Donskoy", the FSBSI "North Caucasian FSAC" and ООО "Agrostandart". There has been determined that the maximum sowing area (155.5–168.1 K hectares)

of spring barley for the period (2022–2024) was occupied by the varieties included in the register for more than 15 years. The most promising and productive varieties are 'Prerie', 'Vakula', 'Ratnik', 'Leon', 'Gris', 'Odesskiy 22', which are in demand in production regardless of the natural and climatic conditions of the Rostov region. The use of new and promising barley varieties included in the State List for the North Caucasus region will contribute to further productivity improvement and gross harvest increase of spring barley in the region.

Keywords: *variety, spring barley, seed production, originators, varietal composition.*

Введение. Большой интерес к ячменю связан с его универсальностью. Культура обеспечивает население продовольствием, животноводство – кормами, промышленность – сырьем (Щенникова и др., 2024; Dreiseitl et al., 2022). Яровой ячмень является одной из главных продовольственных, зернофуражных и технических культур, которая обладает широкой экологической пластичностью, морфологическими и биохимическими особенностями, а также относится к засухоустойчивым, неприхотливым и скороспелым яровым злакам. Ростовская область, находящаяся в южном федеральном округе России, располагает благоприятными условиями для выращивания различных сортов ярового ячменя (Брагин и др., 2023).

Среди ресурсных факторов, определяющих эффективность производства ячменя, ключевыми являются правильно подобранный сорт и применение семян с оптимальными посевными и сортовыми качествами. Известно, что ни одна современная агротехнология, даже самая совершенная, не сможет способствовать полной отдаче, если не будет рационально и правильно подобран сорт для конкретной почвенно-климатической зоны (Левакова, 2023; Sherman et al., 2020; Cammarano et al., 2020). Разнообразие сортового состава ярового ячменя обуславливает необходимость научно обоснованного подхода при подборе ассортимента сортов для условий конкретной почвенно-климатической зоны. Особенно это важно для Ростовской области, характеризующейся контрастными природно-климатическими условиями (Ковтунова и др., 2023). Огромное практическое значение для большинства хозяйств имеет правильный подбор ассортимента сортов с учетом их длительности периода вегетации и продуктивности. В настоящее время в Госреестре по региону имеется большое количество коммерческих и перспективных сортов ярового ячменя, способных давать высокие и стабильные урожаи. Поэтому актуальной задачей на данный момент является научно обоснованный подбор и внедрение в производство высокопродуктивных, адаптированных и экологически приспособленных к нестабильным и засушливым погодным условиям сортов ярового ячменя.

Цель исследований: провести мониторинг имеющегося сортового состава ярового ячменя в условиях Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Объектами для исследований являлись сорта ячменя ярового, которые высевали в шести агроклиматических зонах Ростовской области, включенные в Государственный реестр по Северо-Кавказскому региону. Использовались статистические данные по сортовому составу ярового ячменя, предоставленные филиалом ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Ростовской области, Федеральной службой государственной статистики, оперативная информация Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области за 2022–2024 годы.

Результаты и их обсуждение. Природно-климатические условия Ростовской области характеризуются большим многообразием почвенного плодородия, количеством и неравномерностью распределения осадков за вегетационный период, суммой эффективных температур и среднегодовой температуры и другими факторами. Анализируя данные, представленные на рисунке 1, можно прийти к выводу, что на протяжении последних десяти лет (с 2014 по 2024 г.) в Ростовской области отмечалось ежегодное снижение посевных площадей ярового ячменя – с 443,4 до 201,7 тыс. га. Максимальный уровень посевных площадей, занимаемых данной культурой, был отмечен в 2014 г. – 443,4 тыс. га; минимальный в 2023 г. – 201,7 тыс. га. Средний размер посевных площадей за данный период находился на уровне 320,0 тыс. га. Снижение площади посева ячменя происходит из-за нестабильного спроса отрасли животноводства, невысоких цен на культуру в пользу более урожайных и экономически выгодных культур (озимая мягкая пшеница и подсолнечник). При этом средняя урожайность составляет 2,5 т/га. Из десяти последних лет наибольшая урожайность была получена в 2022 г. – 3,2 т/га; наименьшая в 2018 г. – 1,7 т/га. Уровень урожайности ярового ячменя во многом предопределяется качеством семенного материала и сортовым составом.

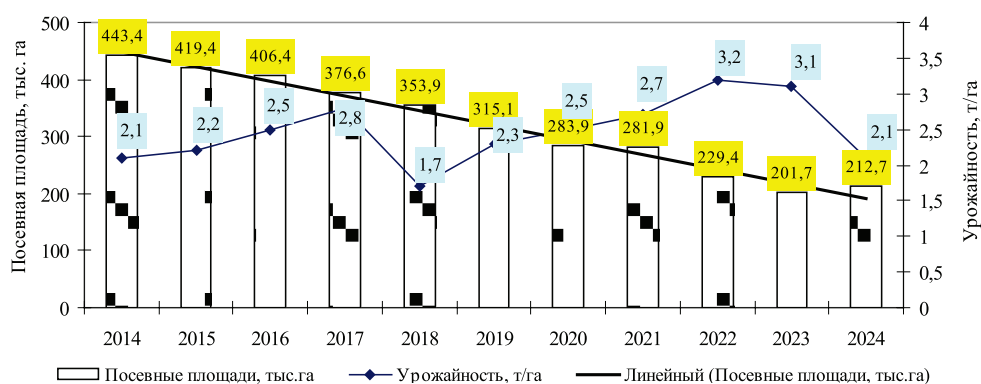


Рис. 1. Посевная площадь (тыс. га) и урожайность ярового ячменя в Ростовской области (т/га) (2014–2024 гг.)*

Fig. 1. Sown area (thousand hectares) and spring barley productivity in the Rostov region (t/ha) (2014–2024)*

Примечание. * – по данным отчетов ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области.

С учетом сортовых особенностей ярового ячменя и ассортимента сортов данная культура выращивается во всех агроэкологических зонах региона. Основные посевные площади в области за последние три года расположены в трех основных агроклиматических зонах: северо-западной (40,2–41,4 тыс. га), северо-восточной (54,0–61,3 тыс. га) и южной (36,8–47,3 тыс. га), на долю которых приходится более 60,0 % всех посевных площадей, занимаемых данной культурой в регионе. Меньше всего высевалось в центральной орошаемой зоне (22,5–34,0 тыс. га), приазовской зоне (13,5–

30,6 тыс. га) и восточной зоне (20,8–30,4 тыс. га), где отмечалась тенденция к снижению посевных площадей.

При этом средняя урожайность в северо-западной, северо-восточной и восточной зонах была на уровне 3,0 т/га, а в центральной орошаемой, приазовской и южной зонах она находилась в пределах 3,2–3,6 т/га. Исключением был 2024 г., когда во всех зонах была сформирована урожайность ниже среднееголетних значений, что связано с неблагоприятными засушливыми условиями в весенне-летний период развития растений (табл. 1).

Таблица 1. Динамика посевных площадей и урожайность ярового ячменя в различных почвенно-климатических зонах (2022–2024 гг.)*

Table 1. Dynamics of sown areas and productivity of spring barley in different soil and climatic zones (2022–2024)*

Почвенно-климатические зоны Ростовской области	Год					
	2022		2023		2024	
	посевная площадь, тыс. га	урожайность, т/га	посевная площадь, тыс. га	урожайность, т/га	посевная площадь, тыс. га	урожайность, т/га
Северо-западная	40,2	3,1	41,4	3,1	40,4	1,4
Северо-восточная зона	54,3	2,7	54,0	3,0	61,3	1,3
Центральная орошаемая	34,0	3,2	32,5	3,2	22,5	2,1
Приазовская	23,2	3,4	13,5	3,3	30,6	2,4
Южная	47,3	3,6	36,8	3,4	37,1	3,4
Восточная	30,4	2,9	23,6	2,9	20,8	1,9
Итого/Среднее	229,4	3,2	201,8	3,1	212,7	2,1

Примечание. * – по данным отчетов ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области.

В настоящее время сельхозтоваропроизводители Донского региона обладают значительным ассортиментом сортов, применение которых может способствовать получению высокого урожая ярового ячменя на уровне 5,0 т/га. В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ по Северо-Кавказскому региону,

за период с 2022 по 2024 г. находилось от 27 до 30 сортов ярового ячменя (табл. 2).

Основными научными учреждениями по селекции и семеноводству ячменя в 2024 г. являлись ФГБНУ «АНЦ Донской» – 26,7 % (8 сортов), ФГБНУ «СКНАЦ» – 37,7 % (11 сортов) и ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» – 26,7 % (8 сортов).

Таблица 2. Сорты ярового ячменя, допущенные в Госреестр РФ и рекомендованные для возделывания по Северо-Кавказскому региону (2022–2024 гг.)*
Table 2. Spring barley varieties included into the State List of the Russian Federation and recommended for cultivation in the North Caucasus region (2022–2024)*

Селекционные центры	Количество сортов, шт.			Название сортов
	2022	2023	2024	
ФГБНУ «АНЦ «Донской»	8	8	8	Грис, Ратник, Федос, Формат, Леон, Щедрый, Новик, Приазовский 9
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»	9	11	11	Странник, Прерия, Пивденный, Одесский 22, Одесский 100, Евсей, Гетман, Булат, Вакула, Эней УА, Степняк
ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»	7	7	8	Богатырь, Виконт, Магнит, Мамлюк, Рубикон, Стимул, Яровит, Ярунчик
Другие оригинаторы	3	3	3	Космос, Медикум 157, Сталкер
Итого	27	29	30	

Примечание. * – по данным отчетов ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области.

Результаты анализа посевных площадей сортов ярового ячменя в зависимости от сроков внесения в Госреестр по Северо-Кавказскому региону свидетельствуют о том, что наибольшую площадь посева ячменя за исследуемые годы занимали сорта, находящиеся в производстве более 15 лет. Тем не менее за период с 2022 по 2024 г. прослеживается отчетливая динамика по уменьшению посевных площадей у сортов, внесенных в реестр более 15 лет, – с 168,1 тыс. га (83,2 %) в 2023 г.

до 155,5 тыс. га (73,1 %) в 2024 году. У сортов, допущенных в реестр от 5 до 10 лет, прослеживалась аналогичная тенденция: снижение изменялось от 49,2 до 20,2 тыс. га, удельный вес варьировал в пределах от 9,9 до 21,4 %. У новых сортов, находящихся в реестре менее 5 лет, напротив, отмечался рост посевных площадей с 13,4 тыс. га (5,8 %) в 2022 г. до 25,5 тыс. га (12,0 %) в 2024 г., и прежде всего за счет увеличения посевных площадей под новыми и перспективными сортами Федос и Формат (табл. 3).

Таблица 3. Динамика посевных площадей и удельного веса сортов ярового ячменя в зависимости от сроков внесения в Госреестр РФ по Северо-Кавказскому региону (2022–2024 гг.)
Table 3. Dynamics of sown areas and proportion of spring barley varieties depending on the date of inclusion into the State List of the Russian Federation for the North Caucasus region (2022–2024)

Сроки внесения в Госреестр РФ	Год					
	2022		2023		2024	
	посевная площадь, тыс. га	удельный вес, %	посевная площадь, тыс. га	удельный вес, %	посевная площадь, тыс. га	удельный вес, %
Год включения в госреестр (менее 5 лет)	13,4	5,8	13,0	6,5	25,5	12,0
Год включения в Госреестр (5–10 лет)	49,2	21,4	20,2	10,1	21,0	9,9
Год включения в Госреестр (более 15 лет)	160,0	69,7	168,1	83,2	155,5	73,1
Несортовые посеы	7,1	3,1	0,5	0,2	10,7	5,0
Итого	229,7	100	201,7	100	212,7	100

Примечание. * – по данным отчетов ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области.

Таким образом, можно сделать вывод, что спецификой сортового состава ярового ячменя является то, что в регионе используются преимущественно «старые» сорта, такие как Прерия (1992), Вакула (2007), Ратник (2004), Одесский 22 (2005), которые необходимо обновлять новыми, более высокопродуктивными и адаптированными сортами, устойчивыми к различным болезням и негативным влияниям климатических условий. Им на смену внедряются в производство новые сорта Федос (2019), Формат (2020), Космос (2020).

В настоящее время ассортимент ярового ячменя в Ростовской области слабо обнов-

ляется. В 2022 г. в производстве возделывалось всего лишь 28 сортов ярового ячменя, а в 2023–2024 гг. их количество сократилось до 26 сортов. Наибольшая площадь посева в регионе была представлена пятью сортами (Прерия, Вакула, Ратник, Грис, Леон), на их долю в сортовом составе приходилось около 80 % всех посевных площадей. Приоритет по-прежнему отдают сортам Вакула (54,8–41,0 тыс. га) и Прерия (54,6–45,8 тыс. га), Одесский 22 (9,4–14,5 тыс. га), а также сортам зерноградской селекции Ратник (38,6–25,2 тыс. га), Грис (18,4–23,3 тыс. га) и Леон (18,9–12,0 тыс. га) (табл. 4).

Таблица 4. Рейтинг посевных площадей и удельный вес наиболее востребованных сортов ярового ячменя в Ростовской области (2022–2024 гг.)*
Table 4. Rating of sown areas and proportion of the most popular spring barley varieties in the Rostov region (2022–2024)*

Название сорта	Регион допуска	Год					
		2022		2023		2024	
		посевная площадь, тыс. га	удельный вес, %	посевная площадь, тыс. га	удельный вес, %	посевная площадь, тыс. га	удельный вес, %
Вакула	5,6,7,8	54,8	23,9	45,4	22,5	41,0	19,3
Прерия	6,7,8,9,10	53,3	23,3	54,6	27,1	45,8	21,5
Ратник	6,8	38,6	16,8	35,7	17,8	25,2	11,8
Грис	6	23,3	10,2	18,4	9,1	19,9	9,4
Леон	6	18,9	8,2	15,1	7,5	12,0	5,6
Одесский 22	6	9,4	4,1	7,3	3,6	14,5	6,8
Федос	6	6,3	2,7	6,4	3,2	11,2	5,3
Эней УА	3,5,6,8,10	5,0	2,2	4,6	2,3	2,6	1,2
Космос	6	3,6	1,6	3,7	1,8	4,6	2,2
Формат	5,6,8	0,7	0,3	1,5	0,7	9,1	4,3
Другие сорта	–	8,4	3,7	8,6	4,2	16,1	7,6
Итого	–	229,4	100	201,7	100	212,7	100,0

Примечание. * – по данным отчетов ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области.

Причем площади посева и удельный вес под этими сортами ежегодно сокращаются на фоне повышения заинтересованности сельхозтоваропроизводителей в новых сортах селекции АНЦ «Донской» Федос (6,3–11,2 тыс. га) и Формат (0,7–9,1 тыс. га), а также сорте Космос (3,6–4,6 тыс. га). Иная ситуация прослеживалась у сорта Эней УА (5,0–2,6 тыс. га), у которо-

го посевные площади, напротив, сократились по сравнению с предыдущими годами.

Семеноводство ярового ячменя в регионе базируется на сортах селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «АНЦ «Донской», ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», ООО «Агростандарт» и французской фирмы (Secobra Recherches S.A.S) (табл. 5).

Таблица 5. Удельный вес сортов ярового ячменя в разрезе селекционных центров, допущенных к использованию в Северо-Кавказском регионе (2022–2024 гг.)*
Table 5. The proportion of spring barley varieties according to breeding centers approved for use in the North Caucasus region (2022–2024)*

Оригинатор	Год					
	2022		2023		2024	
	площадь посева, тыс. га	удельный вес, %	площадь посева, тыс. га	удельный вес, %	площадь посева, тыс. га	удельный вес, %
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»	124,7	54,4	113,9	56,5	105,4	49,6
ФГБНУ «АНЦ «Донской»	91,1	39,7	79,3	39,3	85,5	40,2
ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»	1,5	0,7	0,1	0,1	0,5	0,2
SECOBRA RECHERCHES S.A.S	0,8	0,3	2,0	1,0	0,6	0,3
ООО «Агростандарт»	3,6	1,6	3,7	1,8	4,7	2,2
Другие оригинаторы	0,6	0,3	2,2	1,1	5,3	2,5
Несортовые посевы	7,1	3,1	0,5	0,2	10,7	5,0
ВСЕГО	229,4	100,0	201,7	100,0	212,7	100,0

Примечание. * – данные ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области.

Анализ данных, приведенных данных в таблице 5, свидетельствует о том, что лидирующие позиции в области по посевным площадям ярового ячменя в разрезе селекционных центров занимает ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Сортами данного научного учреждения засеивалось порядка 105,4–124,7 тыс. га, что составляет около 50 % от всей посевной площади, занятой яровым ячменем. Около 40 % посевных площадей было занято сортами зерноградской селекции, оригинатором ко-

торых является ФГБНУ «АНЦ Донской» (от 79,3 до 91,1 тыс. га). Небольшие площади в регионе были засеяны сортами краснодарской селекции: ООО «Агростандарт» – около 3,6–4,7 тыс. га и ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» – 0,5–1,5 тыс. га. При этом посевные площади сортов других научных учреждений за последние годы изменялись в пределах от 0,6 до 5,3 тыс. га, а у сортов французской селекции – от 0,6 до 2,0 тыс. га. Площадь несортовых посевов ярового ячменя в области в 2022 г. со-

ставила 7,1 тыс. га (3,1 %), в 2023 г. данный показатель снизился до 0,5 тыс. га (0,2 %), а в 2024-м, напротив, увеличился до 10,7 тыс. га (5,0 %), несмотря на то, что их посев запрещен законодательно.

Динамика посевных площадей и удельного веса по шести почвенно-климатическим зонам Ростовской области позволяет выделить наиболее востребованные сорта ярового ячменя в определенных местных условиях. В восточном агроэкологическом районе за годы наблюдений большинство площадей занимали сорта ставропольской и зерноградской селекции: Прерия (более 50 %), Леон (11,9–18,3 %), Ратник (9,8–14,6 %). В южной агроклиматической зоне наибольший удельный вес отмечался

у следующих сортов: Грис (23,4–35,9 %), Ратник (20,9–32,8 %), Вакула (14,8–20,3 %) и Федос (18,9 %). В приазовской зоне больше половины площадей было занято сортами Вакула (23,9–37,5 %) и Ратник (19,3–29,1%). В данной зоне прослеживалась тенденция по снижению удельного веса, занимаемого сортом Прерия, – с 9,6 до 7,6 %, а под сортом Грис, напротив, наблюдалась динамика по увеличению удельного веса – с 12,6 до 20,3 %. В северо-восточной зоне наибольший удельный вес занимали сорта Прерия (35,8–40,4 %), Вакула (16,9–21,1 %) Ратник (9,3–16,5 %), а в северо-западной – Вакула (39,2–41,6 %), Прерия (16,2–21,6 %), Леон (4,8–5,1 %) и Одесский 22 (6,8 %) (табл. 6).

Таблица 6. Удельный вес наиболее востребованных сортов ярового ячменя в различных почвенно-климатических зонах (2022–2024 гг.)*
Table 6. The proportion of the most popular spring barley varieties in different soil and climatic zones (2022–2024)*

Почвенно-климатические зоны Ростовской области					
год					
2022		2023		2024	
название сорта	удельный вес, %	название сорта	удельный вес, %	название сорта	удельный вес, %
восточная					
Прерия	52,8	Прерия	65,5	Прерия	50,5
Леон	18,3	Леон	15,1	Ратник	11,9
Ратник	14,6	Ратник	11,6	Леон	9,8
южная					
Грис	29,3	Грис	35,9	Ратник	30,9
Ратник	20,9	Ратник	32,8	Грис	23,4
Вакула	20,3	Вакула	14,8	Федос	18,9
приазовская зона					
Вакула	37,4	Вакула	52,6	Вакула	23,9
Ратник	21,7	Ратник	19,3	Грис	20,3
Прерия	9,6	Грис	12,6	Прерия	7,5
центральная орошаемая зона					
Ратник	29,1	Ратник	27,1	Прерия	25,6
Вакула	23,5	Вакула	23,3	Ратник	17,7
Прерия	16,6	Прерия	8	Вакула	12,3
северо-восточная зона					
Прерия	40,4	Прерия	37,8	Прерия	35,8
Вакула	21,1	Ратник	24,1	Вакула	16,9
Ратник	16,5	Вакула	18,9	Ратник	9,3
северо-западная зона					
Вакула	39,2	Вакула	39,3	Вакула	41,6
Прерия	21,6	Прерия	25,9	Прерия	16,2
Одесский 22	6,8	Леон	5,1	Леон	4,8

Приложение.* – по данным ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области.

Обобщив приведенные данные, можно сделать заключение о том, что в последние годы в регионе наиболее востребованными в различных природно-климатических зонах являются сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Ратник, Леон, Грис) и сорта селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ (Прерия, Вакула).

Выводы. Для увеличения производства ярового ячменя в хозяйствах Ростовской области необходимо проводить сортообновление и сортосмену, а также рекомендуется

научно обоснованный подбор новых адаптированных высокоурожайных, скороспелых и устойчивых к полеганию и болезням сортов ячменя с высоким качеством зерна, внесенных в Госреестр РФ по Северо-Кавказскому региону, для выращивания в различных почвенно-климатических условиях Ростовской области. Основные площади заняты под сортами ФГБНУ «СКНАЦ» и ФГБНУ «АНЦ Донской». Максимальные посевные площади в регионе заняты сортами, внесенными в Госреестр более 15 лет (160,0–150 тыс. га), а мини-

мальные – сортами, внесенными в реестр менее 5 лет (13,0–25,5 тыс. га). Наиболее популярными в производственных условиях Ростовской области являются сорта Вакула (41,0–54,8 тыс. га), Прерия (45,8–54,6 тыс. га),

Ратник (25,2–38,6 тыс. га), Грис (18,4–23,3 тыс. га) и Леон (12,0–18,9 тыс. га).

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0505-2022-0004.

Библиографический список

1. Щенникова И. Н., Кокина Л. П., Зайцева И. Ю. Урожайность и адаптивные свойства сортов ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона // Таврический вестник аграрной науки. 2024. № 2. С. 213–222. DOI: 10.5281/zenodo.12200653
2. Левакова О. В. Сортные особенности формирования продуктивности ярового ячменя сорта Рафаэль при разной норме высева // Аграрная наука. 2023. № 2. С. 82–86. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-367-2-82-86
3. Брагин Р. Н., Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П. Анализ урожайности сортов ярового ячменя в условиях изменчивости природной среды // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 10. С. 31–42. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-10-4
4. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Шуршалин В. А., Ермолина Г. М. Подбор сортов сорговых культур для Северо-Кавказского региона России // Зерновое хозяйство России. 2023. № 1. С. 50–55. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-50-55
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 620 с.
6. Dreiseitl A., Zavelová M. Non-authenticity of spring barley genotypes revealed in gene bank accessions // Plants. 2022. Vol. 11(22), Article number: 3059.
7. Cammarano D., Holland J., Ronga D. Spatial and temporal variability of spring barley yield and quality quantified by crop simulation model // Agronomy. 2020. Vol. 10, № 3. Article number: 393.
8. Sherman Ja. D., Hoogland T., Williams J., Lutgen G. Breeding winter and spring two-row barley for more sustainable livestock production // Journal of Animal Science. 2022. Vol. 100, № 3. P. 88–89.

References

1. Shchennikova I. N., Kokina L. P., Zaitseva I. Yu. Urozhainost' i adaptivnye svoistva sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Volgo-vyat'skogo regiona [Productivity and adaptive properties of spring barley varieties in the Volga-Vyatka region] // Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2024. № 2. S. 213–222. DOI: 10.5281/zenodo.12200653
2. Levakova O. V. Sortovye osobennosti formirovaniya produktivnosti yarovogo yachmenya sorta Rafael' pri raznoi norme vyseva [Varietal features of productivity formation of the spring barley variety 'Rafael' at different seeding rates] // Agrarnaya nauka. 2023. № 2. S. 82–86. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-367-2-82-86
3. Bragin R. N., Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P. Analiz urozhainosti sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh izmenchivosti prirodnoi sredy [Analysis of productivity of spring barley varieties in conditions of environmental variability] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2023. T. 53, № 10. S. 31–42. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-10-4
4. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E., Shurshalin V. A., Ermolina G. M. Podbor sortov sorgovykh kul'tur dlya severo-Kavkazskogo regiona Rossii [Selection of sorghum varieties for the North Caucasus region of Russia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. № 1. S. 50–55. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-50-55
5. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. «Sorta rastenii» (ofitsial'noe izdanie) [State List of breeding achievements approved for use. V.1. "Plant varieties" (official publication).]. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2024. 620 s.
6. Dreiseitl A., Zavelová M. Non-authenticity of spring barley genotypes revealed in gene bank accessions // Plants. 2022. Vol. 11(22), Article number: 3059.
7. Cammarano D., Holland J., Ronga D. Spatial and temporal variability of spring barley yield and quality quantified by crop simulation model // Agronomy. 2020. Vol. 10, № 3. Article number: 393.
8. Sherman Ja. D., Hoogland T., Williams J., Lutgen G. Breeding winter and spring two-row barley for more sustainable livestock production // Journal of Animal Science. 2022. Vol. 100, № 3. P. 88–89.

Поступила: 11.03.25; доработана после рецензирования: 25.03.25; принята к публикации: 26.03.25.

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., Шмелева Н. А., Донцова А. А. – концептуализация исследования, выполнение полевых и лабораторных опытов, сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Скворцова Ю. Г. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ ДОНСКИХ СОРТОВ РИСА В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ КУБАНЬ

П. И. Костылев¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

Е. В. Краснова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774;

А. В. Аксенов¹, агроном лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X;

М. А. Ладатко², кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий, ведущий научный сотрудник лаборатории сортовой агротехники и паспортизации сортов риса, ORCID ID: 0000-0001-7507-8927;

И. А. Зеленева², младший научный сотрудник лаборатории сортовой агротехники и паспортизации сортов риса, ORCID ID: 0000-0002-6723-7403;

Б. В. Фолиянц², младший научный сотрудник лаборатории сортовой агротехники и паспортизации сортов риса, ORCID ID: 0000-0001-7198-253X

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

²ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», 350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

Большую роль в увеличении урожайности риса играет создание новых сортов, которые формируют высокую продуктивность и лучше адаптированы для конкретной местности, где они впоследствии будут размножены. В селекционных институтах ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» и ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» сотрудники длительное время ведут исследования и создают более урожайные и качественные сорта риса, устойчивые к неблагоприятным природным условиям. Индивидуальные генотипы каждого сорта обуславливают различные ответы на особенности местных экологических условий, влияющих на уровень урожайности, и потребность для практики. Статья посвящена анализу результатов экологических испытаний в 2023–2024 гг. двух ростовских и двух краснодарских сортов риса на полях четырех хозяйств Красноармейского района Краснодарского края, в результате которых выявлена существенная разница в урожайности зерна. Проведенные экологические испытания сортов риса ФНЦР и АНЦД на чеках четырех с.-х. предприятий Краснодарского края показали значительную вариабельность урожайности зерна в зависимости от предшественника. В ЭСОС «Красная» в среднем за 2023–2024 гг. первое место по урожайности занял сорт Рапан 2 (7,95), второе – Фаворит (7,50), третье – Вирасан (6,47 т/га). В РПЗ «Красноармейский» по урожайности ранжировались следующие сорта: Рапан 2 (7,68), Аргамак (6,87 т/га), Фаворит (6,72 т/га); в Агрокомплексе «Чебургольский» – Рапан 2 (7,66 т/га), Фаворит (7,40 т/га), Вирасан (7,32 т/га); в Агрокомплексе «Россия» – Фаворит (8,11 т/га), Аргамак (7,34 т/га), Рапан 2 (7,30 т/га). Для возделывания в рисоводческих хозяйствах Краснодарского края по предшественникам соя и подсолнечник рекомендуется новый урожайный сорт риса Аргамак селекции АНЦ «Донской».

Ключевые слова: рис, сорт, урожайность, экологическое испытание, предшественник.

Для цитирования: Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В., Ладатко М. А., Зеленева И. А., Фолиянц Б. В. Экологическое испытание донских сортов риса в условиях правобережья реки Кубань // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 33–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-33-39.



ECOLOGICAL TESTING OF DON RICE VARIETIES ON THE RIGHT BANK OF THE KUBAN RIVER

P. I. Kostylev¹, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

E. V. Krasnova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774;

A. V. Aksenov¹, agronomist of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X

M. A. Ladatko², Candidate of Agricultural Sciences, head, leading researcher of the laboratory for varietal agrotechnologies and certification of rice varieties, ORCID ID: 0000-0001-7507-8927;

I. A. Zeleneva², junior researcher of the laboratory for varietal agrotechnologies and certification of rice varieties, ORCID ID: 0000-0002-6723-7403;

B. V. Foliyants², junior researcher of the laboratory for varietal agrotechnologies and certification of rice varieties, ORCID ID: 0000-0001-7198-253X

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

²FSBSI "Federal Research Center of Rice", 350921, Krasnodar, v. of Belozerny, 3

The development of new rice varieties which form high productivity and are better adapted to the specific area where they will be further grown, plays a crucial role in rice productivity improvement. At the breeding institutes

of the FSBSI "Federal Research Center of Rice" and the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy", the researchers have been studying for a long time and developing more productive and high-quality rice varieties that are resistant to adverse natural conditions. Individual genotypes of each variety determine different responses to the peculiarities of local environmental conditions that affect productivity level and the need for practice. The current paper is devoted to the analysis of the results of environmental trials of two Rostov and two Krasnodar rice varieties in the fields of 4 farms in the Krasnoarmeysky district of the Krasnodar Territory in 2023–2024, which revealed a significant difference in grain productivity. The conducted ecological trials of rice varieties 'FNTsR' and 'ANTsD' on the checks of four agricultural institutions of Krasnodar Krai showed significant variability of grain productivity depending on a forecrop. In the ES "Krasnaya", on average for 2023–2024, the variety 'Rapan 2' was at the first place in productivity (7.95), the variety 'Favorit' was at the second place (7.50), the variety 'Virasan' was at the third place (6.47 t/ha). In the RPP "Krasnoarmeysky", the varieties were ranked as follows: 'Rapan 2' (7.68), 'Argamak' (6.87 t/ha), 'Favorit' (6.72 t/ha). In the Agrocomplex "Cheburgolsky" they were ranked as follows: 'Rapan 2' (7.66 t/ha), 'Favorit' (7.40 t/ha), 'Virasan' (7.32 t/ha). In the Agrocomplex "Rossiya" they were ranked as follows: 'Favorit' (8.11 t/ha), 'Argamak' (7.34 t/ha), 'Rapan 2' (7.30 t/ha). For cultivation in rice farms of the Krasnodar Krai after soybean and sunflower there has been recommended the new highly productive rice variety 'Argamak', developed by the ARC "Donskoy", is recommended.

Keywords: rice, variety, productivity, ecological trial, forecrop.

Введение. Генетические особенности сортов риса имеют важное значение для формирования высокой урожайности зерна. В связи с этим рисоводам нужно постоянно высевать новые сорта, максимально адаптированные для почвенно-климатических условий конкретной местности.

Фермеры постоянно сталкиваются с вызовами, связанными с низкой урожайностью, вредителями и болезнями, неблагоприятными погодными условиями (засуха, наводнения, засоление почвы) и неэффективными агротехническими методами. Ключ к решению этих проблем лежит в селекции новых, улучшенных генотипов риса, способных обеспечить стабильно высокую урожайность в самых разных условиях. Главная сложность для селекционеров заключается в эффективном отборе улучшенных генотипов из-за значительных взаимодействий генотип $\times$ среда ($G \times E$), влияющих на урожайность зерна на орошаемых землях (Abebrese et al., 1921). Погодные условия, вариативность почвы и взаимодействие генотипа и окружающей среды сильно искажают результаты, затрудняя идентификацию действительно продуктивных и устойчивых генотипов.

Лучшее понимание взаимодействий генотипов и среды, влияющих на стабильность рисоводства, использовалось в качестве инструмента принятия решений, особенно на заключительном этапе процесса внедрения сортов, для получения необходимой информации о характере адаптации селекционных линий, испытаниях новых сортов и определения рекомендуемых ареалов для выпускаемых сортов (Sharifi et al., 2017).

В Юго-Восточной Азии ряд ученых использовали подход, основанный на участии фермеров в селекции сортов (СС), в сочетании с многопозиционными испытаниями урожайности (МИ), проводимыми в местах с высоким и низким расположением полей, для тестирования лучших селекционных линий с целью повышения эффективности программы селекции риса и поощрения быстрого внедрения улучшенных сортов. Благодаря использованию информации о предпочтениях фермеров в сочетании с традиционными данными МИ только те линии, которые агрономически приемлемы

для фермеров, были включены в систему размножения семян для тестирования урожайности в масштабах всей страны. Таким образом, подход СС-МИ обеспечил эффективную передачу фермерам наиболее приемлемых линий, что напрямую способствует повышению эффективности программы селекции риса (Mitchell et al., 2014).

Урожайность зерна одного и того же сорта риса может существенно варьировать в зависимости от множества факторов, таких как плодородие почвы, температура, количество и время выпадения осадков и др. Именно поэтому выбор оптимальных сортов и применение соответствующих технологий возделывания позволяют значительно повысить продуктивность рисоводства. Взаимодействие генотип-среда ($G \times E$) возникает, когда различные генотипы по-разному реагируют на различные условия окружающей среды. Это взаимодействие имеет ключевое значение для идентификации и разведения генотипов, которые демонстрируют высокую приспособляемость к широкому спектру условий выращивания (Dixit et al., 2015).

Использование различных типов полей с уникальными экологическими условиями позволяет выявить наиболее приспособленные сорта, которые способны значительно увеличить урожайность и обеспечить стабильное развитие сельскохозяйственного производства (Nayak et al., 2019).

Урожайность риса зависит не только от выбора подходящего сорта, но и от сложного сочетания множества факторов окружающей среды. Даже при использовании одного и того же сорта риса урожай может колебаться в широких пределах от относительно низкого до высокого. Это связано с тем, что каждый сорт по-разному реагирует на особенности почвы, температуры воздуха и воды, количество солнечного света, а также на режим осадков – их количество, интенсивность и временные рамки выпадения. Имеют значение и такие факторы, как влажность воздуха, наличие вредителей и болезней, а также особенности агротехнических приемов, используемых фермерами. Все эти параметры, действующие как в комплексе, так и по отдельности, способны существенно влиять на конечный результат.

Понимание этих взаимодействий критически важно для повышения эффективности рисоводства. Ученые активно исследуют взаимодействие генотип-среда (G x E), которое описывает различия в реакции разных сортов риса на разные условия выращивания. Одни сорта демонстрируют высокую урожайность только в идеальных условиях – плодородная почва, оптимальный температурный режим, достаточное, но не избыточное количество осадков. Другие же, наоборот, проявляют значительную устойчивость к неблагоприятным факторам – затоплению, засолению, пониженному плодородию почвы. Именно такие сорта представляют наибольший интерес для сельского хозяйства, поскольку обеспечивают стабильный урожай даже при изменении климата изменяющегося климата и не всегда благоприятных агроэкологических условий (Dixit et al., 2015).

Идентификация и селекция таких адаптированных сортов – это длительный и сложный процесс, требующий проведения многочисленных полевых опытов на участках с различными экологическими характеристиками. Таким образом, успешное рисоводство зависит от оптимального сочетания выбора адаптированных сортов и продуманного подхода к агротехническим приемам, что позволяет обеспечить как высокие, так и стабильные урожаи в долгосрочной перспективе.

Итальянские исследователи доказали, что более высокие генетические показатели могут быть достигнуты с помощью комплексного подхода, при котором генетические и управленческие факторы, которые селекционеры и агрономы исторически рассматривали по отдельности, учитываются одновременно. Селекция растений с участием фермеров, заключающаяся в оценке и отборе селекционных линий в хозяйствах, позволяет учитывать как различия в условиях окружающей среды, так и особенности выращивания культур в целевой среде. В разных хозяйствах сельхозпроизводители могут выявлять генотипы, которые лучше используют их агротехнологии. Это снижает влияние взаимодействий генотипа и среды на отбор, что приводит к более высоким генетическим показателям (De Santis et al., 2022).

Более эффективное использование сортов в сельскохозяйственном производстве во многом определяется своевременным и грамотным районированием. Вклад селекционного сорта в увеличение урожайности культуры может составлять от 30 до 70 %. Для достижения высокой и стабильной урожайности риса нужно выращивать сорта, сочетающие в себе высокую урожайность, качество продукции и адаптивность к условиям его производства (Dzhamirze et al., 2020).

Широкое экологическое испытание сортов в различающихся по климату зонах способствуют определению степени их приспособленности к выращиванию в новых ареалах их возможного распространения (Ковтунова и др., 2018; Кривошеев и др., 2018).

Цель исследования – сравнительная оценка новых сортов риса селекции АНЦ «Донской» в экологических условиях правобережья реки Кубань.

Материалы и методы исследований.

В опытах исследовали два ростовских сорта риса – Аргамак, Вирасан и два краснодарских сорта – Рапан 2, Фаворит. В качестве стандарта послужил сорт Рапан 2.

Экологическое испытание сортов проводили в 2023–2024 гг. согласно договору о научном сотрудничестве ФНЦ риса и АНЦ «Донской» в четырех хозяйствах Красноармейского района Краснодарского края (ЭСОС «Красная», РПЗ «Красноармейский», агрокомплекс «Чебургольский», агрокомплекс «Россия») по различным предшественникам. В опытах использовали общепринятую агротехнику (Гаркуша и др., 2022). Семена высевали селекционной сеялкой СНЦ-8 в период со 3 по 18 мая в четырехкратной повторности, рендомизированно с нормой посева 7 млн шт./га всхожих семян. Делянки восьмирядковые с междурядьями 15 см и площадью 13,2 м², дорожки шириной 50 см. Уборку зерна проводили в сентябре с помощью малогабаритного комбайна ДКС-515. Полученную урожайность пересчитывали на чистоту 100 % и влажность 14 %.

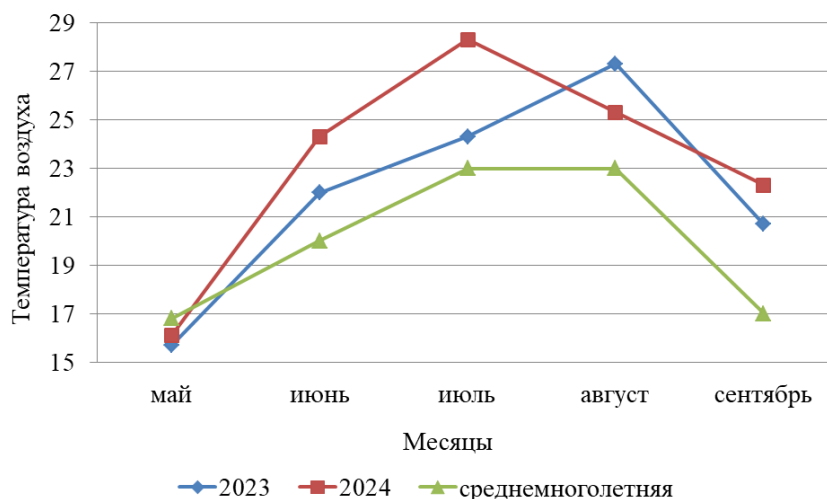
Удобрения в хозяйствах использовали согласно научным рекомендациям (Гаркуша и др., 2022). По данным лаборатории агрохимии и почвоведения ФНЦ риса, почвы относятся к лугово-черноземным тяжелосуглинистым нейтральным со слабощелочной реакцией и низким содержанием гумуса (3,21–3,82 %). Содержание азота, фосфора, калия различалось в почвах разных хозяйств в небольших пределах. Валовой азот – 0,15–0,22 %, легкогидролизруемый азот – 5,37–6,64 мг/100 г, общий фосфор – 0,13–0,19 %, обменный аммоний – 0,07–0,38 мг/100 г, подвижный фосфор – 2,85–6,56 мг/100 г, подвижный калий – 16,0–33,8 мг/100 г.

На полях ФГБУ «Элитно-семеноводческая опытная станция «Красная» (ЭСОС) под посев риса использовали один предшественник – рис на чеках с низким и высоким уровнями расположения на карте. В ФГУП «Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» имени А. И. Майстренко» (РПЗ) для выращивания сортов использовали только один предшественник – агрономическое поле с озимой пшеницей на высоко и низко расположенных полях. В агрокомплексе «Чебургольский» предшественниками были рис, озимая пшеница и соя, в агрокомплексе «Россия» – рис, пшеница, соя и подсолнечник.

В Красноармейском районе Краснодарского края, расположенном на правом берегу реки Кубань, погодноклиматические условия сложились вполне благоприятно для выращивания риса, поскольку накопили достаточную сумму биологически активной температуры воздуха, которая оказала положительное влияние на онтогенез риса и формирование уро-

жайности зерна. Средняя температура воздуха в годы исследований (2023–2024) была весьма

благоприятной для риса в летне-осенние месяцы (см. рисунок).



Температура воздуха в мае–сентябре 2023 и 2024 гг. (по метеорологическим данным г. Славянска-на-Кубани)
Air temperature in May–September 2023 and 2024 (according to meteorological data of Slavyansk-on-Kuban)

Майская температура воздуха (15,7 и 16,1 °C) была ниже среднегодовой величины (16,8 °C) и не являлась оптимальной для прорастания семян. Это привело к задержке появления всходов риса 4–5 дней. Летняя и сентябрьская температура воздуха была существенно выше, чем обычно. В фазе кущения риса, которая проходила в июне, температура была на 2,0–4,3 °C выше среднегодовой (20,0 °C). В июле, в фазе выхода в трубку и формирования метелок и колосков, температура воздуха была оптимальной – 24,3 °C (2023 г.) и 28,3 °C (2024 г.), что превышает норму на 1,3–5,3 °C. Август, когда происходило цветение риса, характеризовался благоприятными температурными условиями – 25,3–27,3 °C при норме 23,0 °C. При этом сильной жары в данный период не было, поэтому фертильность колосков была высокой. Для лучшего созревания зерна оптимум среднесуточной температуры находится в пределах от 18 до 26 °C. В 2023 и 2024 гг. реальная температура сентября была выше среднегодовой на 3,7–5,3 °C и составляла 20,7 и 22,3 °C соответственно. Температурные условия II–III декады августа и первой декады сентября способствовали нормальному наливу зерна.

Результаты и их обсуждение. Урожайность зерновых культур в сельском хозяйстве является комплексным показателем, который отражает как индивидуальную продуктивность растений, так и способность сортов адаптироваться к условиям окружающей среды. Именно по этому показателю определяются ценность и возможность использования конкретного сорта в сельскохозяйственном производстве.

Мы использовали подход, основанный на участии сельхозпроизводителей в испытании передовых селекционных сортов в сочетании с многопозиционными испытаниями урожайности, проводимыми в чеках с высоким и низким расположением для повышения эффективности программы селекции риса и поощрения быстрого внедрения лучших сортов.

Экологическое испытание сортов риса в четырех с.-х. предприятиях показало значительную изменчивость урожайности в зависимости от сортов, места нахождения полей и предшественников.

В ходе исследования были получены следующие результаты. В ЭСОС «Красная» на низких чеках в среднем по четырем сортам урожайность составила от 6,78 т/га (2023 г.) до 8,03 т/га (2024 г.), а на высоких – 7,06 и 6,23 т/га соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность риса в экологическом испытании в ЭСОС «Красная» (т/га), предшественник рис (2023–2024 гг.)

Table 1. Rice productivity in the ecological trial in the ES “Krasnaya” (t/ha), forecrop rice (2023–2024)

Сорт	2023 г.		2024 г.		Общие средние
	низкий чек	высокий чек	низкий чек	высокий чек	
Рапан 2	7,92	8,05	9,04	6,80	7,95
Фаворит	7,60	7,88	7,58	6,92	7,50
Аргамак	5,54	6,41	7,71	5,14	6,20
Вирасан	6,08	5,91	7,81	6,09	6,47
Средние	6,78	7,06	8,03	6,23	7,03
НСР ₀₅	0,40	0,41	0,42	0,38	–

В 2023 г. урожайность была выше на высоких чеках, а в 2024 г. – на низких. Следовательно, уровень расположения чеков не имеет значения, различия между ними имеют случайный характер. Наибольшую урожайность показал сорт Рапан 2 (9,04 т/га) на низком чеке в 2024 году. Он же был первым и в среднем за два года (7,95 т/га), на втором месте оказался сорт Фаворит с показателем 7,50 т/га. На третьем месте – сорт Вирасан с показателем 6,47 т/га.

Скороспелый сорт Вирасан проявил себя наилучшим образом в ЭСОС «Красная» в 2024 г., показав урожайность 7,81 т/га на низком чеке. Это на 0,23 т/га выше, чем у сорта Фаворит, и в пределах НСР.

В РПЗ «Красноармейский» сорт Рапан 2 показал максимальную урожайность в среднем по двум годам и четырем вариантам – 7,68 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность зерна риса в РПЗ «Красноармейский» (т/га), предшественник агромелиополе (АМП) (2023–2024 гг.)
Table 2. Grain productivity of rice sown in agromeliopol (AMP) in the RPP “Krasnoarmeysky” (t/ha) (2023–2024)

Сорт	2023 г.		2024 г.		Общие средние
	низкий чек	высокий чек	низкий чек	высокий чек	
Рапан 2	7,57	6,88	7,50	8,77	7,68
Фаворит	5,66	7,30	6,38	7,55	6,72
Аргмак	7,14	6,41	6,62	7,30	6,87
Вирасан	5,34	6,49	5,09	6,71	5,91
Средние	6,43	6,77	6,40	7,58	6,79
НСР ₀₅	0,44	0,48	0,42	0,46	–

На втором месте оказался сорт Аргмак с урожайностью 6,87 т/га, на третьем – сорт Фаворит с показателем 6,72 т/га. Было установлено, что на высоком чеке урожайность была выше, чем на низком: в 2023 г. – на 0,34 т/га, а в 2024 г. – на 1,18 т/га. Максимальная урожайность была зафиксирована у сорта Рапан 2 на высоком чеке в 2024 г. и составила 8,77 т/га. Зерноградские сорта Аргмак и Вирасан также сформировали высокую урожайность в данном варианте экспериментов.

Это связано с различиями в физико-химических свойствах почвы и генотипических особенностях сортов. Поэтому при размещении сортов на полях необходимо учитывать эти факторы.

Урожайность сортов риса в экологическом испытании в агрокомплексе «Чебургольский» по разным предшественникам также значительно различалась (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность риса в экологическом испытании в агрокомплексе «Чебургольский» (т/га) по разным предшественникам (2023–2024 гг.)
Table 3. Rice productivity in the ecological trial in the agrocomplex “Cheburgolsky” (t/ha) different forecrops (2023–2024)

Сорт	2023 г.	2024 г.			Общие средние
	озимая пшеница	озимая пшеница	рис	соя	
Рапан 2	8,62	7,96	7,16	6,91	7,66
Фаворит	8,61	6,86	8,04	6,08	7,40
Аргмак	7,57	6,67	7,24	5,96	6,86
Вирасан	7,98	7,33	7,04	6,93	7,32
Средние	8,20	7,20	7,37	6,47	7,31
НСР ₀₅	0,48	0,43	0,45	0,44	–

После предшественника пшеница наибольшую урожайность в 2023–2024 гг. показал сорт Рапан 2. При этом в 2023 г. средняя урожайность всех сортов была выше, чем в 2024 г., в среднем на 1,00 т/га. В 2024 г. средняя урожайность по предшественнику пшеница составила 7,20 т/га, по предшественнику рис – на том же уровне (7,37 т/га), а по предшественнику соя – существенно ниже (6,47 т/га), что было связано с распространением пирикулярноза в фазу созревания зерна. Сорт Фаворит по предшественнику рис показал максимальную урожайность – 8,04 т/га. Другие сорта продемонстрировали близкую урожайность в диапазоне

от 7,04 до 7,24 т/га. После выращивания сои на чеках наибольшую урожайность сформировали раннеспелый сорт Вирасан (6,93 т/га) и среднеспелый сорт Рапан 2 (6,91 т/га). Это связано с их большей устойчивостью к пирикулярнозу, чем у остальных.

В среднем по трем предшественникам и четырем вариантам первое место по урожайности занял сорт Рапан 2 (7,66 т/га), второе – Фаворит (7,40 т/га), третье – Вирасан (7,32 т/га), четвертое – Аргмак (6,86 т/га).

Среди сортов риса селекции АНЦ «Донской» сорт Вирасан показал неплохую урожайность и раннее созревание, что делает его

перспективным для выращивания в условиях Красноармейского района.

Урожайность риса в экологическом испытании в агрокомплексе «Россия» показала значи-

тельную вариабельность по вариантам опыта (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность риса в экологическом испытании в агрокомплексе «Россия» (т/га) по различным предшественникам (2023–2024 гг.)

Table 4. Rice productivity in the ecological trial at the agrocomplex "Russia" (t/ha) different forecrops (2023–2024)

Сорт	2023 г.		2024 г.			Общие средние
	соя	рис	рис	озимая пшеница	подсолнечник	
Рапан 2	9,32	5,08	7,74	6,26	8,11	7,30
Фаворит	9,80	7,59	7,90	6,23	9,07	8,11
Аргамак	9,65	6,39	7,34	4,64	8,69	7,34
Вирасан	8,37	4,67	6,91	4,43	7,52	6,38
Средние	9,28	5,93	7,47	5,39	8,35	7,27
НСР ₀₅	0,43	0,35	0,42	0,38	0,41	–

В 2023 г. наилучшим предшественником была соя, после которой сформировалась средняя по четырем сортам урожайность риса – 9,28 т/га. Рис как предшественник значительно уступил сое, так как средняя урожайность на нем составила 5,93 т/га. При этом максимальную урожайность по обоим предшественникам показал сорт Фаворит – 9,80 и 7,59 т/га соответственно. На втором месте был сорт Аргамак – 9,65 и 6,39 т/га соответственно.

В 2024 г. было три предшественника: рис, озимая пшеница и подсолнечник. Среди них на первом месте по средней урожайности был подсолнечник (8,35 т/га), на втором – рис (7,47 т/га), на третьем – озимая пшеница (5,39 т/га). По подсолнечнику наибольшая урожайность зерна оказалась у Фаворита (9,07 т/га), за ним на втором месте был Аргамак (8,69 т/га). После предшественника рис на первом месте снова был сорт Фаворит, а по предшественнику озимая пшеница – Рапан 2, при этом он был на одном уровне с Фаворитом.

В среднем по пяти вариантам и четырем предшественникам первое место по урожайности занял сорт Фаворит (8,11 т/га), второе – Аргамак (7,34 т/га), третье – Рапан 2 (7,30 т/га), четвертое – Вирасан (6,38 т/га). Сорт Аргамак рекомендуется размещать после сои, где он сформировал наибольшую урожайность – 9,65 т/га.

Выводы.

1. В ходе совместного экологического испытания сортов риса селекции ФНЦ

риса и АНЦ «Донской» на чеках четырех с.-х. предприятий Краснодарского края была выявлена значительная вариабельность урожайности зерна в зависимости от предшественника. В ЭСОС «Красная» в среднем за 2023–2024 гг. первое место по урожайности занял сорт Рапан 2 (7,95 т/га), второе – Фаворит (7,50 т/га), третье – Вирасан (6,47 т/га).

2. На полях РПЗ «Красноармейский» наибольшую урожайность в среднем по четырем вариантам сформировал сорт Рапан 2 – 7,68 т/га. Второе место занял Аргамак (6,87 т/га), третье – Фаворит (6,72 т/га).

3. В агрокомплексе «Чебургольский» в среднем по трем предшественникам и четырем вариантам на первом месте по урожайности был сорт Рапан 2 (7,66 т/га), втором – Фаворит (7,40 т/га), третьем – Вирасан (7,32 т/га).

4. В агрокомплексе «Россия» в среднем по пяти вариантам и четырем предшественникам первое место по урожайности занял сорт Фаворит (8,11 т/га), второе – Аргамак (7,34 т/га), третье – Рапан 2 (7,30 т/га).

5. Новый высокоурожайный сорт риса Аргамак рекомендуется для возделывания в рисовых предприятиях Кубани по предшественникам соя и подсолнечник, где он сформировал наибольшую урожайность.

Финансирование. Работа выполнена по теме государственного задания № 0505-2025-0010 – ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской».

Библиографический список

- Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Барановский А. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А. Экологическое испытание сортов и гибридов зернового сорго // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 42–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-42-47
- Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Экологическое испытание новых гибридов кукурузы в условиях различной влагообеспеченности // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 47–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-47-51
- Система рисоводства Российской Федерации / под общ. ред. С.В. Гаркуши. – Краснодар: ФГБНУ «ФНЦ риса», 2022. 368 с.
- Abebrese S. O., Yeboah A., Yemyoliya H. A., Mawunya M. Genotype-by-environment interaction and grain yield stability of lowland rice genotypes in the northern savanna zones of Ghana // Journal of Ghana Science Association, 2021. Vol. 20(1), P. 42–48.
- De Santis G., Ponzini D., Stentella R., Gaifami T., Bettina Bussi B., Caimo-Duc R., Stocchi U., Cuneo M., Paravicini M., Bocci R., Petitti M., Ceccarelli S. Participatory Evaluation of Rice Varieties

for Specific Adaptation to Organic Conditions in Italy // Sustainability. 2022. Vol. 14(17), Article number: 10604. DOI: 10.3390/su141710604

6. Dixit S., Grondin A., Lee C. R., Henry A., Olds T. M., Kumar A. Understanding rice adaptation to varying agro-ecosystems: trait interactions and quantitative trait loci // BMC Genetics. 2015. Vol. 16(86), P. 1–14. DOI: 10.1186/s12863-015-0249-1

7. Dzhamirze R., Ostapenko N., Garkusha S., Chinchenko N. Evaluation of new rice varieties in the conditions of climate change // Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering. 2019 (TPACEE 2019) E3S Web Conf. 2020. Vol. 164, Article number: 06017. P. 1–13. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406017

8. Mitchell J. H., Sipaseuth, Fukai S. Farmer participatory variety selection conducted in high- and low-toposequence multi-location trials for improving rainfed lowland rice in Lao PDR // Crop and Pasture Science. 2014. Vol. 65(7), P. 655–666. DOI: 10.1071/CP14082

9. Nayak A. K., Shahid Md., Nayak A. D., Dhal B. et al. Assessment of ecosystem services of rice farms in eastern India // Ecological Processes. 2019. Vol. 8(35), P. 1–16. DOI: 10.1186/s13717-019-0189-1

10. Sharifi P., Aminpanah H., Erfani R., Mohaddesi A., Abbasian A. Evaluation of genotype × environment interaction in rice based on ammi model in Iran // Rice Science. 2017. Vol. 24(3), P. 173–180. DOI: 10.1016/j.rsci.2017.02.001

References

1. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Baranovskii A. V., Romanyukin A. E., Shishova E. A. Ekologicheskoe ispytanie sortov i gibridov zernovogo sorgo [Ecological testing of grain sorghum varieties and hybrids] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 42–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-42-47

2. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S. Ekologicheskoe ispytanie novykh gibridov kukuruzy v usloviyakh razlichnoi vlagobespechennosti [Ecological testing of new maize hybrids under different moisture availability] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 47–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-47-51

3. Sistema risovodstva Rossiiskoi Federatsii [Rice growing system of the Russian Federation] / pod obshch. red. S. V. Garkushi. – Krasnodar: FGBNU «FNTs risa», 2022. 368 s.

4. Abebrese S. O., Yeboah A., Yemyoliya H. A., Mawunya M. Genotype-by-environment interaction and grain yield stability of lowland rice genotypes in the northern savanna zones of Ghana // Journal of Ghana Science Association. 2021. Vol. 20(1). P. 42–48.

5. De Santis G., Ponzini D., Stentella R., Gaifami T., Bettina Bussi B., Caimo-Duc R., Stocchi U., Cuneo M., Paravicini M., Bocci R., Petitti M., Ceccarelli S. Participatory Evaluation of Rice Varieties for Specific Adaptation to Organic Conditions in Italy // Sustainability. 2022. Vol. 14(17), Article number: 10604. DOI: 10.3390/su141710604

6. Dixit S., Grondin A., Lee C. R., Henry A., Olds T. M., Kumar A. Understanding rice adaptation to varying agro-ecosystems: trait interactions and quantitative trait loci // BMC Genetics. 2015. Vol. 16(86), P. 1–14. DOI: 10.1186/s12863-015-0249-1

7. Dzhamirze R., Ostapenko N., Garkusha S., Chinchenko N. Evaluation of new rice varieties in the conditions of climate change // Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering. 2019 (TPACEE 2019) E3S Web Conf. 2020. Vol. 164, Article number: 06017. P. 1–13. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406017

8. Mitchell J. H., Sipaseuth, Fukai S. Farmer participatory variety selection conducted in high- and low-toposequence multi-location trials for improving rainfed lowland rice in Lao PDR // Crop and Pasture Science. 2014. Vol. 65(7), P. 655–666. DOI: 10.1071/CP14082

9. Nayak A. K., Shahid Md., Nayak A. D., Dhal B. et al. Assessment of ecosystem services of rice farms in eastern India // Ecological Processes. 2019. Vol. 8(35), P. 1–16. DOI: 10.1186/s13717-019-0189-1

10. Sharifi P., Aminpanah H., Erfani R., Mohaddesi A., Abbasian A. Evaluation of genotype × environment interaction in rice based on ammi model in Iran // Rice Science. 2017. Vol. 24(3), P. 173–180. DOI: 10.1016/j.rsci.2017.02.001

Поступила: 14.03.25; доработана после рецензирования: 26.03.25; принята к публикации: 27.03.25.

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. – общее научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных данных, формирование методологии исследования и концепции статьи, анализ данных, написание текста статьи; Ладатко М. А. – концептуализация исследований, подготовка опыта, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Краснова Е. В. – структурный анализ данных; Зеленева И. А., Фолиянц Б. В., Аксенов А. В. – закладка опыта, посев сортов, отбор растений для анализа, сбор данных, промеры и подсчеты, заполнение таблиц.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ СОРТОВ ОЗИМОГО И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

А. А. Донцова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Д. П. Донцов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

Р. Н. Брагин¹, младший научный сотрудник, braginroman40@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;

Б. А. Гольдварг², кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства, gb_kniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3377-4791;

М. В. Боктаев², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства, mergenboktaev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3377-4987

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

²Калмыцкий научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Б. Нармаева (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», 358011, г. Элиста, пл. О. И. Городовикова, д. 1

Испытание сортов сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях позволяет оценить их реакцию, что является весьма актуальным при подборе сортового состава для конкретной зоны выращивания. Целью исследований являлось выявление адаптивного потенциала сортов озимого и ярового ячменя селекции ФГБНУ АНЦ «Донской» в засушливых условиях Республики Калмыкия. Испытания проводили в 2018–2023 гг. в Калмыцком научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». В изучении находились сорта ячменя селекции ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (яровой ячмень – Щедрый, Ратник, Федос, Формат, озимый ячмень – Ерема, Фокс 1). Учетная площадь делянки 50 м². Норма высева – 400 шт. всхожих семян на 1 м². Предшественник – черный пар. В качестве стандартов использовали сорт озимого ячменя Эспада и ярового ячменя Странник. В результате изучения были выделены сорт озимого ячменя Ерема с высоким показателем экологической пластичности, способный давать высокий урожай при благоприятных условиях выращивания ($b_i = 1,96, ((Y_{\min} + Y_{\max})/2) - 3,62$), и сорта ярового ячменя Федос и Формат. Сорт Федос отличался высокой стрессоустойчивостью, гомеостатичностью, селекционной ценностью и уровнем стабильности ($Y_{\min} - Y_{\max} = -1,91, \text{Hom} = 2,07, \text{Sc} = 1,29, \text{ПУСС} - 110,2\%$). Сорт Формат выделился высокими показателями генетической гибкости, селекционной ценностью и уровнем стабильности ($((Y_{\min} + Y_{\max})/2) = 2,88, \text{Sc} = 1,27, \text{ПУСС} - 109,9\%$). Данные сорта можно рекомендовать для выращивания в острозасушливых условиях Республики Калмыкия.

Ключевые слова: ячмень, сортоиспытание, урожайность, экологическая пластичность, стабильность, адаптивность.

Для цитирования: Донцова А. А., Донцов Д. П., Брагин Р. Н., Гольдварг Б. А., Боктаев М. В. Экологическое испытание сортов озимого и ярового ячменя в засушливых условиях Республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 40–45. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-40-45.



ECOLOGICAL TESTING OF WINTER AND SPRING BARLEY VARIETIES IN ARID CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA

A. A. Dontsova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

D. P. Dontsov¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

R. N. Bragin¹, junior researcher, braginroman40@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;

B. A. Goldvarg², Candidate of Agricultural Sciences, main researcher of the department of arid agriculture, feed production, breeding and seed production, gb_kniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3377-4791;

M. V. Boktaev², Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of arid agriculture, feed production, breeding and seed production, mergenboktaev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3377-4987;

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

²Kalmyk Research Agricultural Institute named after M.B. Narmaev (affiliate) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov", 358011, Elista, Gorodovikov O. I. Sq., 1

Testing of agricultural crop varieties in various soil and climatic conditions allows estimating their response, which is very important when selecting a variety composition for a specific growing area. The purpose of the current study was to identify the adaptive potential of winter and spring barley varieties developed by the FSBSI "ARC "Donskoy" in the arid conditions of the Republic of Kalmykia. The trials were conducted at the Kalmykia Research Agricultural Institute named after M.B. Narmaev, branch of the "PKAFRC RAS" in 2018–2023. There have been studied the spring barley varieties 'Shchedry', 'Ratnik', 'Fedos', 'Format' and the winter barley varieties 'Erema', 'Foks 1' developed by the FSBSI "ARC "Donskoy". The plot area was 50 m². The seeding rate was 400 pcs. of germ. seeds per 1 m². The varieties were laid black fallow. The winter barley variety 'Espada' and spring barley 'Strannik' were used as standards. As a result of the study, there have been identified the winter barley variety 'Erema' with a high index of ecological adaptability, capable of producing high yields under favorable growing conditions ($b_1 = 1.96$, $(Y_{\min} + Y_{\max}) / 2 = 3.62$) and the spring barley varieties 'Fedos' and 'Format'. The variety 'Fedos' was characterized by high stress resistance, homeostasis, breeding value and stability level ($Y_{\min} + Y_{\max} = -1.91$, $Hom = 2.07$, $Sc = 1.29$, $PUSS = 110.2\%$). The Format variety stood out for its high indicators of genetic flexibility, selection value and stability level ($(Y_{\min} + Y_{\max}) / 2 = 2.88$, $Sc = 1.27$, $VSLI = 109.9\%$). These varieties can be recommended for cultivation in the extremely arid conditions of the Republic of Kalmykia.

Keywords: *barley, variety testing, productivity, ecological adaptability, stability, adaptivity.*

Введение. По данным Федеральной службы государственной статистики, в Республике Калмыкия посевная площадь под яровым ячменем составила 14,6 тыс. га, под озимым – 3,1 тыс. га (Росстат, 2024). В 2024 г. средняя урожайность ячменя составила 23 ц/га при валовом сборе 32,2 тыс. т (Медведева, 2024).

Ключевым достоинством озимого ячменя перед яровым является его способность давать более обильный урожай. Однако не всегда благоприятные погодные условия в зимний период позволяют полностью раскрыть этот потенциал (Гольдварг и др., 2020). Тем не менее в годы с недостатком влаги озимый ячмень может показать урожайность, которая вдвое и втрое превышает показатели ярового, конкурируя с озимой пшеницей (Dontsova et al., 2018).

Яровой же ячмень является одной из самых раннеспелых зернофуражных культур, благодаря чему период налива и созревания зерна проходит в более комфортных по температурному режиму условиях.

Ориентируясь на почвенно-климатических условия, характерные для территории Калмыкии, их вариабельное распределение позволяет разделить область на три природно-хозяйственные зоны – восточную, западную и центральную.

Для западной зоны, к которой относится Башантинский ГСУ, характерны благоприятные почвенно-климатические условия, выраженные в достаточном количестве осадков, что позволяет возделывать многие ценные зерновые культуры, а также кормовые и технические. Почвы западной зоны в основном представлены черноземами и каштановыми. Для центральной зоны с ее светло-каштановыми почвами характерна более слабая плодородность по сравнению с почвами западной зоны, в то время как климат данного региона изменяется от сухого – юг центральной зоны (Элистинский ГСУ) до очень засушливого – север центральной зоны (Сарпинский ГСУ). Восточная зона выделяется сильно засушливым климатом (осадки менее 250 мм) с обилием тепла и света. Специализацию данной зоны в настоящее время характеризуют скотоводство и овцеводство (Гольдварг и др., 2019).

В связи с вариабельностью погодно-климатических условий в республике урожайность

ячменя значительно колеблется по зонам возделывания, в связи с чем проводимое экологическое сортоиспытание помогает выявить реакцию сортов на изменяющиеся почвенно-климатические условия конкретного региона. Данный процесс позволяет определить адаптивные свойства сортов для дальнейшего использования в селекционном процессе (Филиппов и др., 2014).

В связи с этим целью исследований являлось выявление адаптивного потенциала сортов озимого и ярового ячменя селекции ФГБНУ АНЦ «Донской» в засушливых условиях Республики Калмыкия.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований служили сорта озимого (Ерема, Фокс 1) и ярового ячменя (Щедрый, Ратник, Федос, Формат). Исследования проводили на полях КНИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в 2018–2023 годах. Учетная площадь делянки 50 м², норма высева – 400 шт. всхожих семян на 1 м², предшественник – черный пар. В качестве стандартов использовали сорт озимого ячменя Эспада и сорт ярового ячменя Странник. Математическую обработку результатов исследований проводили по методике Б. А. Доспехова (2014).

Оценку экологической пластичности и стабильности, а также расчет теоретической урожайности для определения коэффициента стабильности проводили по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в редакции В. А. Зыкина (2005). Показатель гомеостатичности (Hom) и селекционной ценности (Sc) – по методике В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко (1981). Показатель стрессоустойчивости $(Y_{\min} - Y_{\max})$ и генетической гибкости $((Y_{\max} + Y_{\min}) / 2)$ рассчитывали по уравнениям А. А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А. А. Гончаренко (2016). Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по Э. Д. Неттевичу.

В течение 2018/2019 сельскохозяйственно-го года наблюдался незначительный рост среднегодовых температур воздуха, прирост которых составил 1,9 °C. Кроме того, стоит отметить, что объем осадков, выпавших за этот период, превысил среднееголетнюю норму для данного региона в среднем на 24,1 мм, что также является весьма значимой цифрой. Осенью погода отличалась продолжительным теплым

и сухим климатом. В зимний период средняя температура воздуха зимой составила $-1,3^{\circ}\text{C}$, что на $2,9^{\circ}\text{C}$ выше среднееголетних данных ($-4,2^{\circ}\text{C}$). Эти обстоятельства сыграли одну из ключевых ролей в сохранении озимых культур, поскольку отсутствие резких перепадов температуры позволило избежать их гибели. В весенний период данного сельскохозяйственного года средняя температура воздуха зафиксировалась на отметке в $8,8^{\circ}\text{C}$, что превысило многолетние климатические данные на $2,3^{\circ}\text{C}$. Кроме того, весенний период запомнится увеличенным количеством осадков – общее количество выпавших осадков достигло $84,0\text{ мм}$, превысив многолетнее значение на $32,8\text{ мм}$. Апрель и май были относительно влагообеспеченными, с осадками $48,8$ и $49,3\text{ мм}$ соответственно, в то время как среднееголетняя норма для этих месяцев составляет $27,0$ и $35,0\text{ мм}$. Июнь отметился низкими значениями осадков – всего $4,2\text{ мм}$, что негативно сказалось на формировании урожая озимого ячменя.

В 2019/2020 и 2020/2021 сельскохозяйственных годах наблюдались схожие гидротермические условия по отношению к многолетним показателям. Среднегодовая температура в эти периоды составила $12,1$ и $12,0^{\circ}\text{C}$ соответственно, что на $2,7$ и $2,6^{\circ}\text{C}$ выше среднееголетних значений. Количество осадков является одним из основополагающих факторов для формирования урожайности, как подчеркивают исследователи (Nakala, 2020). В 2019/2020 с.-х. году отмечено $298,5\text{ мм}$ выпавших осадков, а в 2020/2021-м – $304,4\text{ мм}$, что на $52,5$ и $46,6\text{ мм}$ соответственно уступает многолетним средним значениям. Несмотря на относительную схожесть среднегодовых гидротермических показателей, сезонные условия сильно различались: сентябрь и октябрь 2020/2021 с.-х. года отметились отсутствием осадков, что привело к низким показателям всхожести озимых культур (в том числе к значительному падению урожайности) по сравнению с данными предыдущего сельскохозяйственного года.

В 2021/2022 с.-х. году наблюдалось повышение среднегодовой температуры воздуха на $2,1^{\circ}\text{C}$ ($9,4^{\circ}\text{C}$) при снижении количества выпавших осадков в сравнении с многолетними данными на $83,3\text{ мм}$ ($351,0\text{ мм}$).

В период с сентября по ноябрь погодные условия почти полностью соответствовали данным многолетней статистики: среднесуточная температура в эти месяцы составила $9,1^{\circ}\text{C}$, что на $0,3^{\circ}\text{C}$ ниже обычного, а количество осадков достигло $85,3\text{ мм}$, что также на $2,7\text{ мм}$ ниже обычного. Зимний период прошел без существенных морозов – средняя температура составила $1,4^{\circ}\text{C}$ (среднееголетнее значение $-4,2^{\circ}\text{C}$), а количество осадков превысило норму на $13,0\text{ мм}$, благодаря чему озимые культуры не пострадали от морозов. Весна ознаменовалась повышением температуры воздуха на $1,0^{\circ}\text{C}$ в сравнении со среднееголетними

данными ($8,8^{\circ}\text{C}$), однако количество осадков оказалось на $20,1\text{ мм}$ меньше нормы. Летний период был засушлив – количество осадков составило всего $41,5\text{ мм}$, а это $36,1\%$ от среднееголетней нормы, что вызвало снижение урожая по сравнению с предыдущим сельскохозяйственным годом.

В течение 2022/2023 с.-х. года в сельскохозяйственной зоне исследования Республики Калмыкия были зафиксированы климатические изменения, которые варьировали в сравнении со стандартными многолетними средними показателями. Температура воздуха в среднем за год оказалась выше нормы на $2,3^{\circ}\text{C}$, достигнув $9,4^{\circ}\text{C}$, а объем выпавших осадков превысил среднее многолетнее значение на $8,4\text{ мм}$, достигая $351,0\text{ мм}$, с показателем ГТК = $0,58$. Осень отличилась продолжительностью и засушливостью. Зима была мягкой, что подтверждается среднемесячной температурой $-2,1^{\circ}\text{C}$ против средней многолетней температуры $-4,2^{\circ}\text{C}$. Отсутствие резких похолоданий способствовало сохранению высокой жизнеспособности озимого ячменя. Весна принесла температурный скачок, когда среднемесячная температура превысила среднееголетнюю на $3,9^{\circ}\text{C}$ ($8,8^{\circ}\text{C}$), а количество осадков составило прирост на $77,2\text{ мм}$ ($84,0\text{ мм}$) по отношению к норме. Май оказался особенно благоприятным с выпавшими осадками на $71,7\text{ мм}$ больше стандартного значения ($35,0\text{ мм}$), что позволило усилить формирование крупной зерновки, а также ее налив. Лето для данного региона наступило в оптимальные сроки с выпадением осадков $77,8\text{ мм}$, что составляло всего $67,7\%$ от многолетнего показателя. В июне–июле выпало $94,2\%$ от общего многолетнего количества осадков. Такие климатические условия в сочетании с обильными весенними дождями положительно сказались на качестве зерна и способствовали формированию высоких урожаев сортов ячменя в условиях Калмыкии.

Исследования, проведенные в разные годы, позволили провести всестороннее изучение сортов ячменя и оценить их потенциал для выращивания в данной местности (Республика Калмыкия).

Результаты и их обсуждение. За годы исследований (2018–2023) индекс условий среды для озимого ячменя варьировал от ($I_j = -1,14$) в 2021 г. до ($I_j = +1,26$) в 2023 году. Стоит отметить, что наиболее благоприятные условия выращивания сложились в 2023 г. ($I_j = +1,26$), в 2020 г. ($I_j = +0,92$) и в 2018 г. ($I_j = +0,52$).

Для определения адаптивности и стабильности сортов озимого ячменя были проведены расчёты по показателям: коэффициент линейной регрессии (b_i), стрессоустойчивость ($(Y_{\min} - Y_{\max})$), показатель генетической гибкости ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$), гомеостатичность (Hom), селекционная ценность генотипа (Sc), показатель уровня стабильности сорта (ПУСС (табл. 1).

Таблица 1. Показатели адаптивности, стабильности и отзывчивости сортов озимого ячменя (2018–2023 гг.)

Table 1. Indicators of winter barley varieties' adaptability, stability and responsiveness (2018–2023)

Сорт	$Y_{\min}^*$	$Y_{\max}^*$	b_i^*	$(Y_{\min} - Y_{\max})^*$	$((Y_{\min} + Y_{\max})/2)^*$	Hom*	Sc*	ПУСС*
Эспада, st	2,07	4,58	1,31	-2,51	3,32	2,16	1,58	100,0
Ерема	1,73	5,52	1,96	-3,79	3,62	1,09	1,15	80,3
Фокс 1	1,87	3,92	1,02	-2,05	2,89	2,33	1,48	78,6

Примечание. * $Y_{\min}$ – минимальная урожайности за годы исследований; $Y_{\max}$ – максимальная урожайность за годы исследований; b_i – индекс коэффициента линейной регрессии (отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания); $(Y_{\min} - Y_{\max})$ – показатель стрессоустойчивости; $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$ – показатель генетической гибкости; Hom – показатель гомеостатичности; Sc – селекционная ценность генотипа; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта.

Согласно полученным данным коэффициент линейной регрессии варьировал в пределах от 1,02 до 1,96. Высокая отзывчивость на улучшение условий среды отмечалась у сорта Эспада St ($b_i = 1,31$) и Ерема ($b_i = 1,96$). Коэффициент линейной регрессии для сорта Фокс 1 равен ($b_i = 1,02$), что указывает на тенденцию роста урожайности данного сорта в линейной зависимости от изменений условий среды.

Один из используемых методов оценки устойчивости сортов растений к неблагоприятным условиям – это показатель стрессоустойчивости, выраженный в разнице между минимальным и максимальным урожаем, выраженная в виде формулы ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Минимальное отрицательное значение данного интервала указывает на высокую устойчивость к стресс-факторам. В условиях Калмыкии в период исследований сорт Фокс 1 показал наилучшие результаты по этому показателю (-2,05).

При расчете генетической гибкости, имеющей формулу $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$, происходит учёт средней урожайности в разных контрастных условиях, выраженных как стрессовые и наиболее благоприятные за годы исследований. Чем выше этот показатель, тем лучше сорт адаптируется к окружающей среде. В данном случае сорт Ерема за годы исследований показал высокий результат – 3,62.

Показатель гомеостатичности отражает способность сорта поддерживать стабиль-

ность признака в изменяющихся условиях, его способность сводить к минимуму последствия неблагоприятных внешних воздействий. Этот показатель варьировал от 1,09 до 2,33 при относительно высоком значении у сорта Фокс 1 – 2,33.

Селекционная ценность генотипа (Sc) является важным критерием для оценки сорта и включает в себя как высокую урожайность, так и адаптивные способности. Сорта Эспада St и Фокс 1 показали высокие результаты по данному показателю – 1,58 и 1,48 соответственно.

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – многогранный критерий, характеризует как показатель, одновременно учитывающий стабильность урожайности и применяемый для выявления отзывчивых сортов на улучшение условий выращивания в отношении к данным стандарта. В ходе исследования было установлено, что значения ПУСС колеблются от 78,6 % (у сорта Фокс 1) до 100% (у сорта Эспада).

За годы исследований (2019–2023) индекс условий среды для ярового ячменя варьировал от ($I_j = -0,76$) в 2019 г. до ($I_j = +1,10$) в 2023 году. Отметим, что наиболее благоприятные условия выращивания сложились в 2023 г. ($I_j = +1,10$) и в 2020 г. ($I_j = +0,86$).

Проведенный расчет адаптивности стабильности и отзывчивости сортов ярового ячменя выявил следующее распределение, представленное в табл. 2.

Таблица 2. Показатели адаптивности, стабильности и отзывчивости сортов ярового ячменя (2018–2023 гг.)

Table 2. Indicators of spring barley varieties' adaptability, stability and responsiveness (2018–2023)

Сорт	$Y_{\min}^*$	$Y_{\max}^*$	b_i^*	$(Y_{\min} - Y_{\max})^*$	$((Y_{\min} + Y_{\max})/2)^*$	Hom*	Sc*	ПУСС*
Странник, st	1,84	4,00	0,94	-2,16	2,92	1,67	1,19	100,0
Щедрый	1,79	3,78	0,92	-1,99	2,79	1,83	1,18	96,8
Ратник	1,81	3,97	1,12	-2,16	2,89	1,63	1,22	100,6
Федос	1,86	3,77	0,94	-1,91	2,82	2,07	1,29	110,2
Формат	1,83	3,92	1,08	-2,09	2,88	1,81	1,27	109,9

Примечание. * $Y_{\min}$ – минимальная урожайности за годы исследований; $Y_{\max}$ – максимальная урожайность за годы исследований; b_i – индекс коэффициента линейной регрессии (отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания); $(Y_{\min} - Y_{\max})$ – показатель стрессоустойчивости; $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$ – показатель генетической гибкости; Hom – показатель гомеостатичности; Sc – селекционная ценность генотипа; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта.

Коэффициент линейной регрессии варьировал в пределах от 0,92 до 1,12. В ходе проведенных исследований была выявлена высокая отзывчивость на улучшение условий среды у сортов Ратник ($b_i = 1,12$) и Формат ($b_i = 1,96$). Это указывает на значительное улучшение их продуктивных качеств в ответ на улучшение условий выращивания. Сорт Щедрый проявил себя как наиболее стабильный в условиях, когда на урожайность оказывают воздействие неблагоприятные факторы окружающей среды ($b_i = 0,92$). У сорта Федос коэффициент линейной регрессии составил ($b_i = 0,94$), характеризующий его динамичное изменение урожайности с учетом возможные изменения в природной среде, которые могут оказать влияние на конечный результат сельскохозяйственного производства.

По показателю стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$) выделился сорт Федос ($Y_{\min} - Y_{\max} = -1,91$). При расчете генетической гибкости $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$ высокие значения показали сорта Ратник – 2,89 и Формат – 2,88.

В ходе анализа по данным показателя гомеостатичности были зафиксированы значения гомеостатичности, колеблющиеся в пределах от 1,63 до 2,07. Сорт Федос продемонстрировал относительно высокое значение данного признака ($Hom = 2,07$), что характеризует его перспективным для дальнейшего использования и изучения.

По показателю «селекционная ценность генотипа (Sc)», одному из параметров адаптивности, выделились сорта Федос ($Sc = 1,29$) и Формат ($Sc = 1,27$).

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) имел размах варьирования от 96,8 % (сорт Щедрый) до 110,2 % (сорт Федос). Высокие значения также стоит отметить у сорта Формат – 109,9 %.

Выводы. Согласно проведенному анализу данных по озимому ячменю за 2018–2023 гг. был выявлен сорт Ерема с высоким показателем экологической пластичности, способным давать высокий урожай при благоприятных условиях выращивания ($b_i = 1,96$, $((Y_{\min} + Y_{\max})/2) = 3,62$). По яровому ячменю за 2018–2023 гг. были выявлены сорта Федос и Формат. Сорт Федос отличался высокой стрессоустойчивостью, гомеостатичностью, селекционной ценностью и уровнем стабильности ($Y_{\min} - Y_{\max} = -1,91$, $Hom = 2,07$, $Sc = 1,29$, ПУСС – 110,2 %). Сорт Формат выделился высокими показателями генетической гибкости, селекционной ценностью и уровнем стабильности ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 2,88$, $Sc = 1,27$, ПУСС – 109,9 %).

Финансирование. Государственное задание № FNMW-2022-0015 – КНИИСХ – ФГБНУ «ПАНЦ РАН». Государственное задание № 0505-2022-0002 – ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

Библиографический список

1. Бюллетень «Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2024 году (предварительные данные)». Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения – 10.02.2025).
2. Гольдварг Б. А., Грициенко В. Г., Боктаев М. В. Влияние изменения климата на продуктивность зерновых культур в центральной зоне Республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 17–20. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-17-20
3. Гольдварг Б. А., Боктаев М. В., Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Экологическое испытание сортов озимого ячменя в условиях Республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3(69). С. 48–51. DOI: 10.31367/20798725-2020-69-3-48-51
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): 5-е изд., доп. и перераб. М.: Книга по требованию, 2014. 352 с.
5. Медведева А. Итоги уборочной кампании 2024 подвели в Калмыкии. Агропромышленный портал АГРОХХИ. 2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/rossiiskie-agronovosti/itogi-uborochnoi-kampanii-2024-podveli-v-kalmykii.html> (дата обращения: 10.02.2025).
6. Филиппов Е. Г., Алабушев А. В. Селекция ярового ячменя. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.
7. Dontsova A. A., Alabushev A. V., Lebedeva M. V., Potokina E. K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2018. № 78. P. 317–323. DOI: 10.31742/IJGPB.78.3.4
8. Hakala K., Jauhainen L., Rajala Ari A., Jalli M., Kujala M., Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future // Field Crops Research, Vol. 259, Article number: 107956. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107956

References

1. Byulleten' «Posevnye ploshchadi, valovye sbory i urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Rossiiskoi Federatsii v 2024 godu (predvaritel'nye dannye)». Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Bulletin "Sown areas, gross harvests and productivity of agricultural crops in the Russian Federation in 2024 (preliminary data)". Federal State Statistics Service] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (data obrashcheniya – 10.02.2025).
2. Gol'dvarg B. A., Gritsienko V. G., Boktaev M. V. Vliyanie izmeneniya klimata na produktivnost' zernovykh kul'tur v tsentral'noi zone Respubliki Kalmykiya [The effect of climate change on grain crop productivity in the central part of the Republic of Kalmykia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 2(62). S. 17–20. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-17-20

3. Gol'dvarg B. A., Boktaev M. V., Filippov E. G., Dontsova A. A. Ekologicheskoe ispytanie sortov ozimogo yachmenya v usloviyakh Respubliki Kalmykiya [Ecological testing of winter barley varieties in the Republic of Kalmykia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 3(69). S. 48–51. DOI: 10.31367/20798725-2020-69-3-48-51
4. 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., dop. i pererab. M.: Kniga po trebovaniyu, 2014. 352 s.
5. Medvedeva A. Itogi uborochnoi kampanii 2024 podveli v Kalmykii. Agropromyshlennyy portal AGROXXI. 2024 [The summed-up results of the 2024 harvesting campaign in Kalmykia. Agro-industrial portal AGROXXI. 2024] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.agroxxi.ru/rossiiskie-agronovosti/itogi-uborochnoi-kampanii-2024-podveli-v-kalmykii.html> (data obrashcheniya: 10.02.2025).
6. Filippov E. G., Alabushev A. V. Seleksiya yarovogo yachmenya [Spring barley breeding]. Rostov n/D.: ZAO «Kniga», 2014. 208 s.
7. Dontsova A. A., Alabushev A. V., Lebedeva M. V., Potokina E. K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2018. № 78. P. 317–323. DOI: 10.31742/IJGPB.78.3.4
8. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala Ari A., Jalli M., Kujala M., Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future // Field Crops Research, Vol. 259, Article number: 107956. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107956

Поступила: 13.03.25; доработана после рецензирования: 27.03.25; принята к публикации: 27.03.25.

Критерий 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. Гольдварг Б. А., Боктаев М. В., Донцова А. А. – концептуализация и ресурсное обеспечение исследования; Гольдварг Б. А., Боктаев М. В. – подготовка и выполнение экспериментальных лабораторных и полевых работ и сбор данных; Донцова А. А., Донцов Д. П., Брагин Р. Н., Гольдварг Б. А., Боктаев М. В. – визуализация, обработка и анализ данных и их интерпретация; Донцова А. А., Донцов Д. П., Брагин Р. Н., Гольдварг Б. А., Боктаев М. В. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СОИ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К. Н. Хабибуллин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

В. С. Газе², магистр кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур, ORCID ID: 0009-0001-4481-3084;

Е. К. Кувшинова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур, ORCID ID: 0000-0002-3769-4718;

А. Р. Ашиев³, кандидат сельскохозяйственных наук, агроном-селекционер, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

²Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21; e-mail: kuv.ek61@yandex.ru; Тел.: 8(909) 407-30-82;

³ООО «ЭкоНива-Семена»,

306513, Курская обл., Щигровский р-н, с. Защитное; e-mail: semena@ekoniva-apk.com

В статье представлены результаты изучения сортов сои разного эколого-географического происхождения для возможности их использования в селекции в качестве источников высокой продуктивности. Цель исследований: оценка хозяйственно ценных признаков коллекционных образцов сои. Исследования проводили на опытном поле лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2021–2023 годах. Материалом для исследований послужили 10 образцов сои из коллекции ВИГРР. В качестве стандарта высевали районированный сорт Донская 9. В ходе наблюдений выявлены источники раннеспелости – образцы сои Селекта 201 и СК 82 с коротким периодом вегетации (108 и 104 дня), что на 3–7 дней меньше, чем у стандартного сорта Донская 9. По высоте растений выделен сорт Селекта 201 (65,4 см). Достоверное превышение урожайности по сравнению со стандартом Донская 9 было у образцов Киото – 1,39 т/га, Клеопатра – 1,38 т/га, Зельда – 1,37 т/га, Селекта 201 – 1,36 т/га и Емперор – 1,29 т/га. Проведенный корреляционный анализ выявил тесную взаимосвязь между урожайностью и массой 1000 семян $r = 0,81 \pm 0,05$, среднюю положительную связь с такими показателями, как высота прикрепления нижнего боба $r = 0,61 \pm 0,05$, масса семян с одного растения $r = 0,44 \pm 0,05$ и обратную связь с числом продуктивных ветвей $r = -0,39 \pm 0,05$, слабую связь с периодом вегетации $r = 0,30 \pm 0,5$ и числом продуктивных бобов $r = 0,19 \pm 0,05$. Выделенные сорта сои можно рекомендовать как исходный материал при создании высокоурожайных сортов, отвечающих требованиям производства.

Ключевые слова: соя, сорт, вегетационный период, урожайность, элементы структуры.

Для цитирования: Хабибуллин К. Н., Газе В. С., Кувшинова Е. К., Ашиев А. Р. Изучение коллекционного материала сои в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-46-51.



STUDY OF COLLECTION SOYBEAN MATERIAL IN THE ROSTOV REGION

K. N. Khabibullin¹, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for legumes breeding and seed production, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

V. S. Gaze², Master's Degree student of the department of agronomy and breeding of the agricultural crops, ORCID ID: 0009-0001-4481-3084;

E. K. Kuvshinova², Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of agronomy and breeding of the agricultural crops, ORCID ID: 0000-0002-3769-4718;

A. R. Ashiev³, Candidate of Agricultural Sciences, agronomist-breeder, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

²Azov-Blacksea Engineering Institute, branch of the FSBEI HE "Donskoy State Agricultural University", 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 21; e-mail: kuv.ek61@yandex.ru; tel.: 8(909) 407-30-82;

³LLC EkoNiva-Semena,

306513, Kursk region, Shchigrovsky district, v. of Zashchitnoye; e-mail: semena@ekoniva-apk.com

The current paper has presented the study results of soybean varieties of different ecological and geographical origin to use them as sources of high productivity in breeding. The purpose of the study was to estimate economically valuable traits of collection soybean samples. The study was conducted on the experimental plot of the laboratory for breeding and seed production of grain legumes of the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2021–2023. The material

for the study was 10 soybean samples from the ARIPGR collection. The zoned variety 'Donskaya 9' was sown as a standard. During the study, there were identified such sources of early maturity as the soybean samples 'Selekta 201' and 'SK 82', with a short vegetation period (108 and 104 days), which was 3–7 days less than that of the standard variety 'Donskaya 9'. The variety 'Selekta 201' (65.4 cm) was the best in terms of plant height. Some samples showed a reliable productivity increase compared to the standard 'Donskaya 9', such as 'Kyoto' with 1.39 t/ha, 'Kleopatra' with 1.38 t/ha, 'Zelda' with 1.37 t/ha, 'Selekta-201' with 1.36 t/ha and 'Emperor' with 1.29 t/ha. The conducted correlation analysis showed a close correlation between productivity and 1000-seed weight ($r = 0.81 \pm 0.05$), a mean positive correlation with height of a lower bean attachment ($r = 0.61 \pm 0.05$), seed weight per one plant ($r = 0.44 \pm 0.05$) and an inverse correlation with a number of productive stems ($r = -0.39 \pm 0.05$), a weak correlation with a vegetation period ($r = 0.30 \pm 0.5$) and a number of productive beans ($r = 0.19 \pm 0.05$). The identified soybean varieties can be recommended as an initial material for the development of highly productive varieties that meet production requirements.

Keywords: soybean, variety, vegetation period, productivity, structure elements.

Введение. Соя является одной из сельскохозяйственных культур, занимающая значительное место в мировом земледелии, находясь на четвертом месте по объему производства после пшеницы, кукурузы и риса, а среди зерновых бобовых культур стоит на первом месте. С каждым годом в мире посевные площади под соей растут, достигая 120 млн га при средней урожайности около 2,7 т с гектара (Храмой и др., 2022; Душко, 2023). Россия занимает седьмое место в мировом производстве сои. Это связано с тем, что соя становится все более привлекательной для российских аграриев культурой благодаря своей экономической выгоде и способности адаптироваться к различным климатическим и почвенным условиям (Муравьев, 2021). Семена сои являются ценными источниками растительного белка и масла, что особенно актуально в условиях растущего спроса на растительные продукты, которые определяют ее значительную роль в мировой экономике и продовольственной безопасности (Тевченков и Федорова, 2022; Федотов и др., 2017).

Климатические изменения, в частности усиливающаяся аридизация, представляют собой серьезное препятствие для увеличения урожайности сои в России, которая в среднем составляет не более 1,5 т с гектара. Каждый регион страны имеет свои уникальные климатические и почвенные характеристики, что делает необходимым подбор и создание сортов, которые будут обладать высокой адаптивностью к неблагоприятным условиям. Это касается как абиотических факторов (например, недостаток влаги, высокие температуры), так и биотических (вредители, болезни) (Гуреева и Солодягина, 2024; Ашиев и др., 2020).

Для успешного выращивания сои в условиях стресса важно разрабатывать сорта, которые смогут эффективно реагировать на неблагоприятные условия. Однако процесс адаптации сортов сои к новым условиям является длительным и требует тщательного изучения генетической нормы реакции каждого сорта (Ашиев и др., 2020). Новые сорта должны иметь рентабельную урожайность и высокую адаптивность к неблагоприятным факторам среды.

В связи с этим оценка сортов и линий сои в конкретных почвенно-климатических условиях и определение перспектив их селекци-

онного использования являются актуальными и своевременными.

Цель исследований: изучение количественных и хозяйственно ценных признаков сортов сои в коллекционном питомнике ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Россия, Ростовская область, г. Зерноград).

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на опытном поле лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2021–2023 гг. в соответствии с методическими указаниями ВИР по изучению зернобобовых культур (1975) и Методикой Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Материалом для исследований послужили 10 сортов сои из коллекции ВИГРР. В качестве стандарта высевали районированный сорт Донская 9 селекции ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта». Сорт включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону. Посев осуществляли сеялкой Деметра с нормой высева 400–450 тысяч всхожих семян на 1 га, ширина междурядий 45 см. Делянки трехрядковые. Площадь делянки 5 м². Повторность 2-кратная. При проведении фенологических наблюдений отмечали даты начала и продолжительности цветения, полного созревания семян. Уборку проводили прямым комбайнированием селекционным комбайном «Wintersteiger Classic».

Метеорологические условия в годы исследований значительно различались по сумме осадков и температурному режиму. Температура воздуха в годы проведения исследований значительно превышала среднепогодный показатель. По количеству и периодам выпадения осадков 2021 г. характеризовался как достаточно влажный. Осадков за вегетационный период с апреля по сентябрь выпало 369,3 мм, что выше среднепогодных значений на 18,9 %. Метеорологические условия 2022 г. отличались дефицитом влаги в мае и июне по сравнению со среднепогодной нормой, однако на урожайности сои это не отразилось. В 2023 г. за аналогичный период выпало 326,0 мм осадков, что на 5,0 % выше среднепогодных значений.

Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б. А. Доспехова (2014) с использованием ком-

пьютерных программ Microsoft Excel и Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. Длительность вегетационного периода у растений сои является ключевым фактором, определяющим возможность их возделывания в конкретных агроэкологических условиях. В последние годы наблюдается значительный рост интереса к раннеспелым сортам данной культуры (Гуреева и Солодягина, 2024).

Средняя продолжительность вегетационного периода за три года исследований соста-

вила 113,9 дня. Изучаемые образцы сои относились к двум группам спелости: скороспелые и среднераннеспелые. Наиболее раннеспелыми по сравнению со стандартом являлись образцы Селекта 201 и СК 82, продолжительность вегетации которых составила 108 и 104 дня соответственно, а самым продолжительным периодом вегетации характеризовались образцы Киото, Клеопатра и Суедина – по 118 дней (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность вегетации коллекционных образцов сои (2021–2023 гг.)
Table 1. Length of collection soybean samples' vegetation (2021–2023)

Сорт/образец	Период «всходы–созревание», дней	Сорт/образец	Период «всходы–созревание», дней
Донская 9, st	111,0	Селекта 201	108,0
Емперор	112,0	Суедина	118,0
Зельда	117,0	Солена	117,0
Киото	118,0	Сирелия	117,0
Клеопатра	118,0	СК 82	104,0
<i>Хср., дней</i>	113,9		
<i>CV, %</i>	4,71		

Коэффициент вариации свидетельствовал о том, что варьирование признака «продолжительность вегетации» было слабым ($CV = 4,71\%$).

Таким образом, в селекционной работе образцы сои Селекта 201 и СК 82 для условий Ростовской области можно рекомендовать в качестве источников на скороспелость.

На продуктивность и технологичность сои оказывают влияние такие показатели, как высота растений и высота прикрепления нижнего боба. Высота растения и высота прикрепления нижнего боба являются одними из основных признаков у сои, которые определяют пригодность сорта к полному механизированному

возделыванию. Этот признак изменяется в зависимости от сорта, года возделывания, почвенно-климатических условий, места и агротехники выращивания.

Исследованиями установлено, что стандартный сорт Донская 9 формировал растения высотой 59,8 см. Самыми высокими растениями в годы исследований характеризовался сорт Селекта 201 (65,4 см), а самыми низкими – сорт Киото (47,9 см). Достоверное снижение по этому признаку по сравнению со стандартным сортом Донская 9 наблюдалось только у одного сорта – Киото (11,9 см), у остальных сортов высота растений отмечена на уровне стандарта ($HCP_{05} = 9,02$ см.) (табл. 2).

Таблица 2. Высота растений и высота прикрепления нижнего боба коллекционных образцов сои (2021–2023 гг.)
Table 2. Plant height and height of a lower bean attachment of the collection soybean samples (2021–2023)

Сорт/образец	Высота, см	
	растений	прикрепления нижнего боба
Донская 9, st	59,8	11,8
Емперор	53,9	16,8
Зельда	58,5	15,1
Киото	47,9	11,8
Клеопатра	55,4	18,2
Селекта 201	65,4	18,9
Суедина	56,0	13,2
Солена	58,4	13,4
Сирелия	54,1	11,3
СК 82	57,2	10,8
<i>Хср., см</i>	56,7	14,7
<i>CV, %</i>	9,93	23,8
<i>HCP₀₅</i>	9,02	6,19

Самое высокое прикрепление нижнего боба было установлено у сорта Селекта 201 –

18,9 см при 11,8 см у сорта-стандарта Донская 9. Достоверно превысили стандарт по высоте при-

крепления нижнего боба образцы Клеопатра и Селекта 201 – на 6,4 см и на 7,1 см соответственно. Коэффициент вариации этих признаков в среднем по годам исследований был незначительным по высоте растений ($CV = 9,93\%$) и средним по прикреплению нижнего боба ($CV = 23,8\%$).

Урожайность сои определяется различными структурными компонентами, включая ко-

личество растений на квадратный метр, количество бобов на одно растение, количество семян в каждом бобе, а также массу 1000 семян.

Количество боковых ветвей у изучаемых сортов варьировало от 1,0 шт. у сорта Сирелия до 2,5 шт. у сорта Суедина при 2,2 шт. у стандартного сорта Донская 9 (табл. 3).

Таблица 3. Анализ элементов структуры коллекционных образцов сои (2021–2023 гг.)
Table 3. Analysis of the structure elements of the collection soybean samples (2021–2023)

№ п/п	Сорт/образец	Количество боковых ветвей, шт.	Количество бобов, шт.	Количество семян на растении, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
1	Донская 9, st	2,2	29,1	54,6	10,2	132,6	0,98
2	Киото	1,5	27,6	45,3	7,7	170,7	1,39
3	Клеопатра	1,3	29,1	48,8	8,2	175,0	1,38
4	Зельда	1,3	26,8	51,2	9,0	178,9	1,37
5	Селекта 201	1,7	21,8	41,0	6,5	158,0	1,36
6	Емперор	1,3	23,9	32,6	5,6	170,2	1,29
7	Суедина	2,5	27,8	44,2	5,9	133,6	1,11
8	Сирелия	1,0	24,9	40,1	6,0	146,8	1,1
9	Солена	2,2	25,9	47,1	6,5	138,9	0,94
10	СК 82	1,7	24,1	46,4	6,0	128,8	0,88
	<i>Хср., шт.</i>	1,7	26,1	45,1	7,2	158,7	1,20
	<i>CV, %</i>	47,4	16,7	25,1	29,4	14,1	22,9
	<i>НСР₀₅</i>	1,75	12,2	29,0	4,26	31,4	0,15

Недостаточная влагообеспеченность и низкая влажность воздуха в период налива зерна могут привести к опадению бобов, поэтому одним из элементов продуктивности у растений сои является число бобов на растении, которое зависит от биологических особенностей сорта и почвенно-климатических условий. Среднее число продуктивных бобов на растении у сортов варьировало от 21,8 шт. у сорта Селекта 201 до 29,1 шт. у стандарта Донская 9. По данному признаку на уровне стандартного сорта был выделен и сорт Клеопатра. Незначительное снижение числа продуктивных бобов на растении отмечено у сортов Суедина, Киото и Зельда, но статистически достоверность этого снижения не доказана.

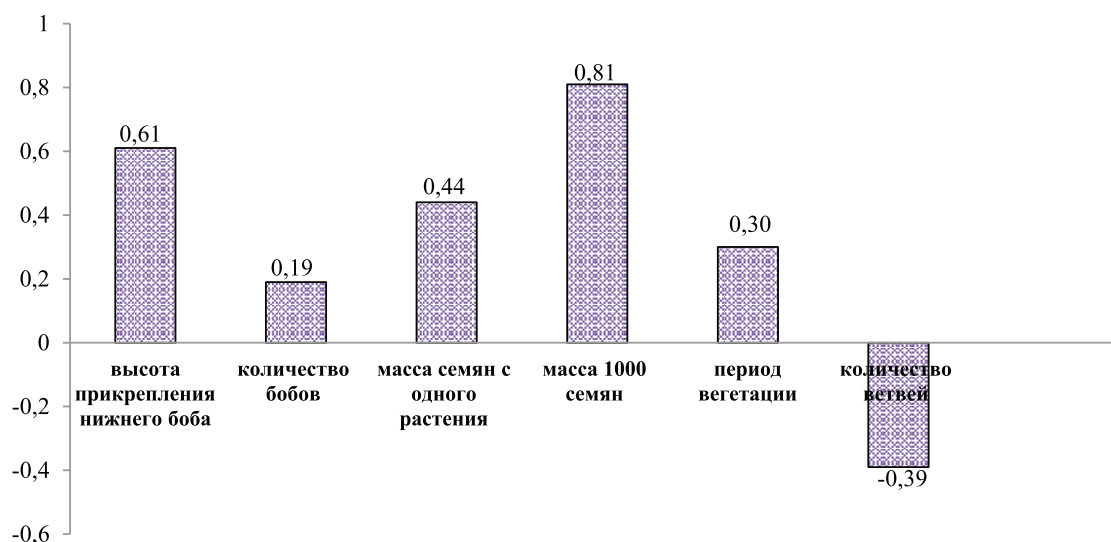
По количеству семян с растения преимущество сохранилось за стандартным сортом Донская 9 – 54,6 шт. Близкие к стандарту значения отмечены у сорта Зельда – 51,2 шт. У остальных сортов коллекционного питомника число сформировавшихся семян было ниже, но эти снижения были недостоверны. Минимальное количество семян на растении отмечено у сорта сои Емперор – 32,6 шт.

Главным элементом семенной продуктивности растений является масса семян с растения. По результатам структурного анализа, масса семян с одного растения у образцов варьировала от 5,6 г у сорта Емперор до 10,2 г у стандарта Донская 9. Достоверное превышение выявлено не было.

Масса 1000 семян характеризует их наполненность и крупность. При значении этого признака 200 г и более семена сои считаются крупными. По результатам проведенных исследований масса 1000 семян у сортов варьировала от 178,9 г у образца Зельда до 128,8 г у образца СК 82, что свидетельствует о формировании средних и мелких семян. Достоверно по массе 1000 семян стандартный сорт превышали образцы Зельда, Клеопатра, Киото и Емперор ($НСР_{05} = 31,42$ г).

Средняя урожайность за годы исследований варьировала от 0,88 т/га СК-82 до 1,39 т/га у Киото. Достоверное превышение урожайности по сравнению со стандартным сортом Донская 9 ($НСР_{05} = 0,15$ т/га) было у сортов Киото – 1,39 т/га, Клеопатра – 1,38 т/га, Зельда – 1,37 т/га, Селекта 201 – 1,36 т/га и Емперор – 1,29 т/га. Варьирование семенной продуктивности сортов в среднем за годы изучения составило 22,94 %, что характеризует как среднюю изменчивость признака.

Проведенный корреляционный анализ показал тесную зависимость между урожайностью и массой 1000 семян – $r = 0,81 \pm 0,05$, среднюю с такими показателями, как высота прикрепления нижнего боба – $r = 0,61 \pm 0,05$, масса семян с одного растения – $r = 0,44 \pm 0,05$ и обратную связь с числом продуктивных ветвей – $r = -0,3 \pm 0,05$, слабую связь с числом продуктивных бобов – $r = 0,19 \pm 0,05$ и периодом вегетации – $r = 0,30 \pm 0,05$ (см. рисунок).



Корреляционные связи урожайности и хозяйственно ценных признаков коллекционных образцов сои (2021–2023 гг.)

Correlation between productivity and economically valuable traits of the collection soybean samples (2021–2023)

Выводы. Для условий Ростовской области были выявлены источники раннеспелости – это образцы сои Селекта 201 и СК 82 с периодом вегетации на 3–7 дней меньше стандартного сорта Донская 9.

Наибольшая зерновая продуктивность по сравнению со стандартом Донская 9 (0,98 т/га), зафиксирована у сортов Киото – 1,39 т/га, Клеопатра – 1,38 т/га, Зельда – 1,37 т/га, Селекта 201 – 1,36 т/га и Емперор – 1,29 т/га.

По комплексу признаков для селекции на высокую продуктивность рекомендуется использовать следующие сорта коллекци-

онного питомника: Донская 9, Зельда, Киото, Клеопатра и Селекта 201.

Данные результаты говорят о том, что урожайность имеет положительную сильную корреляционную связь с массой 1000 семян; среднюю – с высотой прикрепления нижнего боба и массой семян с одного растения; слабую – с периодом вегетации и числом продуктивных бобов, но обратную с числом продуктивных ветвей.

Финансирование. Работа выполнена по теме государственного задания № 0505-2025-0010 – ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской».

Библиографический список

1. Ашиев А. Р., Скулова М. В., Чегунова А. В. Гомеостатичность коллекционных образцов сои по признаку «масса семян с одного растения» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 68–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-68-72
2. Гуреева Е. В., Солодягина А. В. Оценка сортов сои мировой коллекции в условиях Центрального Нечерноземья по признаку «масса семян с одного растения» // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-62-66
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): 5-е изд., доп. и перераб. М.: Книга по требованию, 2014. 352 с.
4. Душко О. С. Оценка биологической урожайности сортов сои различного генетического происхождения в условиях Приамурья // Агронаука. 2023. Т. 1, № 1. С. 7–13.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 2019. 250 с.
6. Муравьев А. А. Структура продуктивности сортов сои в зависимости от условий вегетации // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 1(29). С. 122–128.
7. Тевченков А. А., Федорова З. С. Оценка пригодности различных сортов сои к возделыванию в условиях Центрального района Нечерноземья РФ // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(6). С. 796–804. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804
8. Федотов В. А., Макарова Н. А., Некрасова Т. П., Подлесных Н. В. Урожай и качество зернопродукции сои в зависимости от удобрений и норм высева семян // Аграрная наука. 2017. № 9–10. С. 20–23.
9. Храмой В. К., Сихарулидзе Т. Д., Рахимова О. В., Кириченко А. А. Влияние сроков посева на формирование урожая семян сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Аграрная наука. 2022. № 6. С. 66–69. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-360-6-66-69

References

1. Ashiev A. R., Skulova M. V., Chegunova A. V. Gomeostaticnost' kollektsionnykh obraztsov soi po priznaku «massa semyan s odnogo rasteniya» [Homeostaticity of soybean collection samples soi po priznaku «massa semyan s odnogo rasteniya»]

according to the trait 'seed weight per plant'] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2020. № 5(71). S. 68–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-68-72

2. Gureeva E. V., Solodyagina A. V. Otsenka sortov soi mirovoi kolleksii v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya po priznaku «massa semyan s odnogo rasteniya» [Estimation of soybean varieties of the world collection in the conditions of the Central Non-Blackearth region according to the trait 'seed weight per plant'] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2024. Т. 16, № 2. S. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-62-66.

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)]: 5-e izd., dop. i pererab. M.: Kniga po trebovaniyu, 2014. 352 s.

4. Dushko O. S. Otsenka biologicheskoi urozhainosti sortov soi razlichnogo geneticheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh Priamur'ya [Estimation of biological productivity of soybean varieties of different genetic origin in the Amur Region] // *Agronauka*. 2023. Т. 1, № 1. С. 7–13.

5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M.: Kolos, 2019. 250 s.

6. Murav'ev A. A. Struktura produktivnosti sortov soi v zavisimosti ot uslovii vegetatsii [The structure of productivity of soybean varieties depending on vegetation conditions] // *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2021. № 1(29). S. 122–128.

7. Tevchenkov A. A., Fedorova Z. S. Otsenka prigodnosti razlichnykh sortov soi k vozdel'yvaniyu v usloviyakh Tsentral'nogo raiona Nechernozem'ya RF [Estimation of the suitability of different soybean varieties for cultivation in the Central region of the Non-Blackearth region of the Russian Federation] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2022. № 23(6). S. 796–804. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804

8. Fedotov V. A., Makarova N. A., Nekrasova T. P., Podlesnykh N. V. Urozhai i kachestvo zernoproduktsii soi v zavisimosti ot udobrenii i norm vyseva semyan [Productivity and quality of soybean grain production depending on fertilizers and seeding rates] // *Agrarnaya nauka*. 2017. № 9–10. S. 20–23.

9. Khramoi V. K., Sikharulidze T. D., Rakhimova O. V., Kirichenko A. A. Vliyanie srokov poseva na formirovanie urozhaya semyan soi v usloviyakh Tsentral'nogo raiona Nechernozemnoi zony [The effect of sowing dates on the formation of the soybean seed productivity in the Central region of the Non-Blackearth region] // *Agrarnaya nauka*. 2022. № 6. S. 66–69. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-360-6-66-69

Поступила: 27.02.25; доработана после рецензирования: 31.03.25; принята к публикации: 31.03.25.

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. Хабибулин К. Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация; Газе В. С. – сбор данных и подготовка рукописи; проведение лабораторных опытов; Кувшинова Е. К. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.358:631.531.048

DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-52-58

**ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА,
РАСПОЛОЖЕНИЯ БОБОВ НА РАСТЕНИИ И СРОКОВ СКАШИВАНИЯ
НА ПОСЕВНЫЕ И УРОЖАЙНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ГОРОХА
СОРТА ПАМЯТИ ПОПОВА**

Ф. А. Давлетов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства зернобобовых и крупяных культур, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кормовых и зерновых культур, davletovfa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7421-869X;

К. П. Гайнуллина^{1,3}, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории геномики растений, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кормовых и зерновых культур, karina28021985@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6246-1214;

Р. С. Кираев², доктор сельскохозяйственных наук, директор, rustamkiraev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0160-6680;

Е. В. Бадамшина², кандидат технических наук, старший научный сотрудник аналитической лаборатории, evbadamshina@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0788-7260

¹Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450535, Республика Башкортостан, Уфимский район, с. Чернолесовский, ул. Тополиная, д. 1;

²Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450059, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, д. 19;

³Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Республика Башкортостан, г. Уфа, проспект Октября, д. 71/1Е

При внедрении в производство новых сортов гороха для наиболее полной реализации потенциала их продуктивности необходимо совершенствование агротехнических приемов возделывания. Целью нашего исследования стало изучение влияния норм высева, расположения бобов на растении и сроков скашивания на посевные качества и урожайность семян нового сорта гороха Памяти Попова. Опыты проводили в 2022–2024 гг. в почвенно-климатических условиях Предуральской степной зоны Башкортостана. Метеорологические условия были контрастными по годам: 2023 и 2024 гг. характеризовались как засушливые (ГТК = 0,52 и ГТК = 0,71 соответственно), 2022 г. – благоприятный по влагообеспеченности и температурному режиму (ГТК = 1,30). Оценки, учеты и измерения проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. В результате изучения посевных и урожайных качеств семян гороха сорта Памяти Попова, сформировавшихся в бобах разных ярусов, было установлено, что масса 1000 семян и удельный вес семян из бобов среднего и нижнего ярусов были больше по сравнению с семенами из бобов верхнего яруса ($p \leq 0,05$). У растений, выращенных из семян бобов нижнего и среднего ярусов, общая и семенная продуктивность были соответственно на 8,4–12,5 и 8,2–14,4 % выше, чем у растений, выращенных из семян бобов верхнего яруса. Наибольшая прибавка урожая (0,18 т/га) была получена при норме высева 1,2 млн всхожих семян на 1 га. При изучении влияния сроков скашивания на посевные и урожайные качества семян было показано, что наилучший по крупности и выравненности урожай зерна удается получить при уборке гороха в фазу созревания 60–70 % бобов и при их полной спелости.

Ключевые слова: горох, сорт, норма высева, посевные качества семян, урожайность.

Для цитирования: Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Кираев Р. С., Бадамшина Е. В. Влияние норм высева, расположения бобов на растении и сроков скашивания на посевные и урожайные качества семян гороха сорта Памяти Попова // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 52–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-52-58.

**THE EFFECT OF SEEDING RATES,
BEANS' POSITION ON A PLANT AND MOWING TIME
ON SOWING AND PRODUCTIVE QUALITIES OF SEEDS OF THE PEA
VARIETY 'PAMYATI POPOVA'**

F. A. Davletov^{1,2}, Doctor of Agricultural Sciences, head of the laboratory for breeding and seed production of leguminous crops, senior researcher of the laboratory for breeding and seed production of feed and grain crops, davletovfa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7421-869X;

K. P. Gainullina^{1,3}, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for breeding and seed production of leguminous crops, senior researcher of the laboratory for plant genomics, karina28021985@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6246-1214;

R. S. Kiraev², Doctor of Agricultural Sciences, head, rustamkiraev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0160-6680;

E. V. Badamshina², Candidate of Technical Sciences, senior researcher of the analytical laboratory, evbadamshina@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0788-7260

¹Experimental Station "Ufimskaya", a separate structural subdivision of the FSBSI of the Ufa Federal Research Center of the RAS, 450535, Republic of Bashkortostan, Ufa region, v. of Chernolesovsky, Topolinaya Str., 1

²Bashkiria RIA of the FSBSI Ufa Federal Research Center RAS, 450059, Ufa, Rikhard Zorge Str., 19

³Institute of Biochemistry and Genetics, a separate structural subdivision of the FSBSI of the Ufa Federal Research Center of the RAS, 450054, Republic of Bashkortostan, Ufa, Oktyabrya Avenue, 71, lit. 1E

When introducing new pea varieties into production, it is necessary to improve agrotechnical cultivation methods to fully realize their productivity potential. The purpose of the current work was to study the effect of seeding rates, beans' position on a plant and mowing time on sowing and productive qualities of seeds of the pea variety 'Pamyati Popova'. The trials were conducted in the soil and climatic conditions of the Pre-Ural steppe zone of Bashkortostan in 2022–2024. Weather conditions were contrasting through the years, 2023 and 2024 were characterized as dry ($HTC = 0.52$ and $HTC = 0.71$, respectively), 2022 was favorable in terms of moisture supply and temperature conditions ($HTC = 1.30$). The estimation, records and measurements were carried out in accordance with the Methodology of State Variety Testing of agricultural crops. As a result of studying the sowing and productive qualities of seeds of the pea variety 'Pamyati Popova', formed in beans of different tiers, there was found that 1000-seed weight and specific seed weight from beans of the middle and lower tiers were of larger values than those of seeds from beans of the upper tier ($p \leq 0.05$). The plants from the seeds of lower and middle tier beans, the total and seed productivity were 8.4–12.5 % and 8.2–14.4 % larger, respectively, than in plants grown from the seeds of upper tier beans. The greatest productivity increase (0.18 t/ha) was obtained with a seeding rate of 1.2 million germinating seeds per 1 ha. When studying the effect of mowing dates on the sowing and productive qualities of seeds, there was shown that the best grain yield in terms of size and uniformity could be obtained when harvesting peas in the ripening phase of 60–70 % beans of complete ripeness.

Keywords: peas, variety, seeding rate, sowing qualities of seeds, productivity.

Введение. Горох посевной (*Pisum sativum* L.) – основная зерновая бобовая культура в Башкортостане: в настоящее время его посевные площади составляют 55 тыс. га, или около 85 % площади всех зернобобовых культур (Нурлыгаянов и др., 2021; Гайнуллина и др., 2020). В нашей республике горох возделывается давно. В посевах крестьянских хозяйств бывшей Уфимской губернии эта ценная высокобелковая культура появилась еще в первой половине XIX – начале XX столетия (Давлетов и др., 2020).

Среди агротехнических мероприятий, направленных на повышение урожайности и улучшение посевных качеств семян гороха, большая роль отводится научно обоснованному подходу к определению его оптимальных норм высева и сроков скашивания (Рудой и др., 2017; Филатова, 2019). Однако до настоящего времени комплексное влияние данных факторов на урожайность и посевные качества семян гороха в Предуральской степной зоне Республики Башкортостан практически не изучалось. Исходя из этого, а также в связи с внедрением в сельскохозяйственное производство новых сортов гороха, таких как Памяти Попова, Зауральский 5, Кумир и других, требуется пересмотр применяемых норм высева и сроков скашивания (Васильченко и др., 2023; Васильченко и др., 2023).

Цель работы – изучить влияние норм высева и сроков скашивания на урожайность и посевные качества семян нового сорта гороха Памяти Попова. В задачи исследования входило: 1 – изучение посевных качеств семян

гороха сорта Памяти Попова в зависимости от их крупности и формирования в бобах разных ярусов; 2 – исследование влияния различных норм высева на элементы структуры урожая и посевные качества семян гороха сорта Памяти Попова; 3 – оценка влияния различных сроков скашивания на величину урожая и посевные качества семян исследуемого нового сорта.

Материалы и методы исследований. Опыты закладывались в 2022–2024 гг. на полях Чишминского селекционного центра по растениеводству Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН. Почва опытного участка – чернозем карбонатный средней мощности. В верхнем слое почвы содержится 8,1 % гумуса. На 100 г почвы приходится 42,0 мг подвижного калия, 23,6 мг окиси фосфора. Кислотность нейтральная ($pH = 7,0$). Содержание гумуса в почве определяли по Тюрину (ГОСТ 26213-91), фосфора и калия – по Мачигину (ГОСТ 26205-91).

Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными по температурному режиму и влагообеспеченности и в целом отражали особенности климата региона. Так, по сумме осадков, запасам продуктивной влаги в почве и температуре воздуха за вегетационный период наиболее благоприятным был 2022 г. ($ГТК = 1,30$), 2023 и 2024 гг. были засушливыми ($ГТК = 0,52$ и $ГТК = 0,71$ соответственно).

Полевые опыты закладывали в трех вариантах.

Опыт 1. Изучение посевных и урожайных качеств семян, сформировавшихся в бобах раз-

ных ярусов. Для данного опытного варианта были отобраны хорошо развитые растения гороха сорта Памяти Попова в фазе полной спелости. Бобы в зависимости от яруса подразделяли на нижние, средние и верхние и обмолачивали отдельно. Семена, вылущенные из них, в следующем году были высеяны в полевых условиях на делянки площадью 1,6 м² по схеме: делянка 1 – семена из бобов нижнего яруса, делянка 2 – семена из бобов среднего яруса, делянка 3 – семена из бобов верхнего яруса. Посев проводили сеялкой СКС-6-10. Норма высева – 1,2 млн всхожих семян на 1 га, повторность четырехкратная, предшественник озимая рожь. Для определения общей и семенной продуктивности с каждой делянки в фазу полной спелости отбирали по 100 растений, доводили их до воздушно-сухого состояния, а затем определяли структуру урожая. Полученные семена после обмолота каждого снопа взвешивали.

Опыт 2. Изучение посевных и урожайных качеств семян в зависимости от норм высева. В этом опытном варианте всхожие семена гороха сорта Памяти Попова высевали на делянки площадью 25 м² в норме высева 0,8 млн шт. на 1 га (контроль) и 1,2 млн шт. на 1 га (опыт). Посев производили сеялкой СН-10Ц. Повторность четырехкратная. Для посева использовали семена категории ОС (оригинальные семена). Уборку урожая проводили

селекционным комбайном «Неге-125» поделаячно.

Опыт 3. Изучение посевных и урожайных качеств семян в зависимости от сроков скашивания. Данный опыт проводили в семеноводческих посевах, выполненных обычным рядовым способом при норме высева 1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га. Растения скашивали при созревании: 1) 20–30 % бобов; 2) 40–50 % бобов; 3) 60–70 % бобов; 4) 100 % бобов.

В период вегетации проводили фенологические наблюдения по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Качественные характеристики семян определяли в соответствии с ГОСТ 12036-85 «Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб», ГОСТ 12042-80 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян», ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Статистическую обработку полученных данных выполняли общепринятыми методами (Доспехов, 2014).

Результаты и их обсуждение. В наших опытах семена, полученные из бобов нижнего яруса, к уборке хорошо дозревали и были крупнее, чем семена из бобов верхнего яруса. В среднем за 2022–2024 гг. доля семян из бобов верхних ярусов составляла 23,3 % от всех собранных семян (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика семян гороха сорта Памяти Попова, сформировавшихся в бобах разных ярусов (2022–2024 гг.), $X_{\text{ср}} \pm Sx_{\text{ср}}$
Table 1. Characteristics of seeds of the pea variety 'Pamyati Popova', formed in beans of different tiers (2022–2024), $X_{\text{ср}} \pm Sx_{\text{ср}}$

Вариант опыта	Доля фракции семян в общем урожае, %	Объем 1000 семян, см ³	Масса 1000 семян, г	Удельный вес семян, см ³	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
2022 г.						
Семена из бобов нижнего яруса	37,8	152,8±6,0	210,5±7,5	1,37±0,08	97	99
Семена из бобов среднего яруса	40,0	147,2±5,4	200,0±7,0	1,36±0,06	97	99
Семена из бобов верхнего яруса	22,2	132,0±4,8	175,3±6,3	1,33±0,06	96	98
2023 г.						
Семена из бобов нижнего яруса	37,6	149,5±5,5	205,3±7,3	1,38±0,09	97	98
Семена из бобов среднего яруса	38,8	146,8±5,0	198,2±6,8	1,35±0,07	97	98
Семена из бобов верхнего яруса	23,6	131,0±4,7	172,0±6,0	1,31±0,05	96	98
2024 г.						
Семена из бобов нижнего яруса	37,2	146,0±5,2	201,2±7,2	1,37±0,09	96	97
Семена из бобов среднего яруса	38,9	138,3±4,8	187,6±6,4	1,35±0,07	95	97
Семена из бобов верхнего яруса	23,9	128,0±4,5	167,3±5,9	1,31±0,06	95	97
2022–2024 гг.						
Семена из бобов нижнего яруса	37,5±0,3	149,4±3,4	205,7±4,7	1,37±0,01	96,6±0,6	98,0±1,0
Семена из бобов среднего яруса	39,2±0,7	144,1±5,0	195,3±6,7	1,35±0,01	96,3±1,1	98,0±1,0
Семена из бобов верхнего яруса	23,2±0,9	130,3±2,1	171,5±4,0	1,32±0,01	95,7±0,6	97,7±0,6

Как видно из данных таблицы 1, объем и масса 1000 семян, а также удельный вес семян из бобов среднего и нижнего ярусов были больше по сравнению с семенами из бобов верхнего яруса (различия достоверны на 5%-м уровне значимости), в то время как показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести семян из бобов разных ярусов практически не отличались.

По данным фенологических наблюдений и оценок различий в полноте всходов, густоте стояния растений перед уборкой и их выживаемости не выявлено. Растения, выросшие из семян, сформировавшихся в бобах верхнего, среднего и нижнего ярусов, по высоте стебля не имели существенных различий (табл. 2).

Таблица 2. Показатели морфобиологических и хозяйственно ценных признаков растений гороха сорта Памяти Попова, выращенных из семян бобов разных ярусов (в среднем за 2022–2024 гг.), $X_{\text{ср}} \pm Sx_{\text{ср}}$
Table 2. Indicators of morphobiological and economically valuable traits of plants of the pea variety 'Pamyati Popova', grown from beans of different tiers (mean in 2022–2024), $X_{\text{ср}} \pm Sx_{\text{ср}}$

Вариант опыта	Высота растения, см	Количество, шт.			Масса 1000 семян, г
		бобов на растении	семян в бобе	семян с растения	
Растения, выращенные из семян бобов нижнего яруса	67,2±1,8	3,22±0,11	4,42±0,10	14,0±0,4	205,4±4,6
Растения, выращенные из семян бобов среднего яруса	66,3±1,7	3,06±0,13	4,40±0,11	13,2±0,4	195,1±6,5
Растения, выращенные из семян бобов верхнего яруса	64,0±1,4	2,84±0,11	4,37±0,08	12,0±0,3	171,3±4,1

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что растения, выращенные из семян бобов нижнего и среднего ярусов, формировали большее количество бобов по сравнению с растениями, выращенными из семян бобов верхнего яруса, причем в первом случае различия были достоверны на 5%-м уровне значимости. По числу семян в бобе растения, выросшие из семян бобов нижнего и среднего ярусов, также превосходили растения, выращенные из семян бобов верхнего яруса, однако различия не были статистически достоверны ($p > 0,05$). Кроме того, растения, вы-

ращенные из семян бобов нижнего и среднего ярусов, по семенной продуктивности и массе 1000 семян достоверно превысили растения, выращенные из семян бобов верхнего яруса ($p \leq 0,05$). Увеличение семенной продуктивности произошло за счет образования большего количества бобов и семян на растении (табл. 2).

У растений, выращенных из семян, сформировавшихся в бобах нижнего яруса, урожайность зерна с делянки была выше на 13,7 %, масса семян с растения – на 15,7 %, чем у растений, выращенных из семян бобов верхнего яруса (табл. 3).

Таблица 3. Показатели продуктивности растений гороха сорта Памяти Попова, выращенных из семян, сформировавшихся в бобах разных ярусов (в среднем за 2022–2024 гг.), $X_{\text{ср}} \pm Sx_{\text{ср}}$
Table 3. Productivity indicators of plants of the pea variety 'Pamyati Popova', grown from seeds formed in beans of different tiers (mean in 2022–2024), $X_{\text{ср}} \pm Sx_{\text{ср}}$

Вариант опыта	Масса семян с растения, г	% к контролю	Урожайность зерна с 1 м ² , г	% к контролю
Контроль (растения, выращенные из смеси семян бобов нижнего, среднего и верхнего ярусов)	2,55±0,19	—	195,2±2,7	—
Растения, выращенные из семян бобов нижнего яруса	2,73±0,20	107,1	206,2±2,4	105,6
Растения, выращенные из семян бобов среднего яруса	2,57±0,18	100,8	198,0±2,0	101,4
Растения, выращенные из семян бобов верхнего яруса	2,36±0,17	92,5	181,3±1,9	92,9

Таким образом, результаты наших опытов показали, что урожай зерна, собранный с растений гороха сорта Памяти Попова, выращенных из семян, сформировавшихся в бобах разных ярусов, оказался разнокачественным не только по объему, удельному весу, массе 1000 семян, но и по урожайным свойствам.

Известно, что в разреженных посевах на растениях гороха формируется большее число узлов с цветками и бобами, чем в оптимально загущенных. Каждый вышерасположенный цветок развивается позже нижерасположенного. Налив и созревание зерна гороха протекают

от нижнего яруса к верхнему. Следовательно, период развития семян в бобах нижнего яруса продолжительнее, чем верхнего (Вахитова и др., 2017). Неодинаковое расположение бобов на материнском растении приводит к разному режиму питания и вызывает разнокачественность семян. В особенно худших условиях развития оказываются семена в бобах верхнего яруса, что приводит к снижению их качества (Остапенко и др., 2022).

В наших опытах в разреженных посевах в бобах верхнего яруса образовывалось больше семян, чем в посевах, имеющих оптималь-

ную густоту. Семена, собранные с посевов с пониженной нормой высева (0,8 млн шт. всхожих семян на 1 га), оказались менее выравненными, среди них было больше мелких фракций по сравнению с посевами с оптимальной нормой высева (1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га). Так, в среднем за 2022–2024 гг. семена с разреженных посевов были представлены на 29,2 % мелкими фракциями (диаметр семян 5,0–6,0 мм) и на 70,8 % средними и крупными фракциями (диаметр семян 6,1–7,5 мм), в то время как семена с посевов оптимальной

густоты были представлены на 21,0 % мелкими фракциями (диаметр семян 5,0–6,0 мм) и на 79,0 % средними и крупными фракциями (диаметр семян 6,1–7,5 мм). Существенных различий в энергии прорастания и лабораторной всхожести семян в посевах с нормой высева 0,8 и 1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га не наблюдалось. Масса 1000 семян в посевах с нормой высева 0,8 млн шт. всхожих семян на 1 га ($180,3 \pm 4,3$ г) была достоверно ниже ($p \leq 0,05$), чем в посевах с нормой высева 1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га ($195,5 \pm 5,0$ г) (табл. 4).

Таблица 4. Показатели качества семян гороха в посевах с разной нормой высева (в среднем за 2022–2024 гг.), $X_{\text{ср}} \pm Sx_{\text{ср}}$
Table 4. Quality indicators of pea seeds in crops with different seeding rates (mean in 2022–2024), $X_{\text{ср}} \pm Sx_{\text{ср}}$

Вариант опыта	Фракционный состав семян по диаметру, %					Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
	5,0–5,5 мм	5,6–6,0 мм	6,1–6,5 мм	6,6–7,0 мм	7,1–7,5 мм			
Посев с нормой высева 0,8 млн шт. всхожих семян на 1 га	20,2	9,0	27,4	32,6	10,8	$180,3 \pm 4,3$	96,0	98,0
Посев с нормой высева 1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га	12,3	8,7	37,0	36,0	6,0	$195,5 \pm 5,0$	95,0	98,0

В нашем исследовании различные условия питания, влагообеспеченности, температурного режима и освещенности растений при разных нормах высева семян оказали значительное влияние на продуктивность растений

гороха и величину урожая зерна. В среднем за 2022–2024 гг. наибольшая прибавка урожая была получена при оптимальной густоте посева и относительно разреженного посева составила 0,18 т/га (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность зерна гороха сорта Памяти Попова в зависимости от нормы высева семян (2022–2024 гг.)
Table 5. Grain productivity of the pea variety 'Pamyati Popova' depending on the seeding rate (2022–2024)

Норма высева, млн шт. всхожих семян на 1 га	Урожайность зерна, т/га	Прибавка урожая зерна к варианту опыта с нормой высева 0,8 млн шт. всхожих семян на 1 га	
		абсолютная, ± т/га	относительная, ± %
2022 г.			
0,8	1,80	–	–
1,2	2,06	+0,26	+14,4
HCP ₀₅ , т/га	0,15	–	–
2023 г.			
0,8	1,10	–	–
1,2	1,27	+0,17	+15,5
HCP ₀₅ , т/га	0,11	–	–
2024 г.			
0,8	0,94	–	–
1,2	1,05	+0,11	+11,7
HCP ₀₅ , т/га	0,09	–	–
среднее за 2022–2024 гг.			
0,8	1,28	–	–
1,2	1,46	+0,18	+14,1
HCP ₀₅ , т/га	0,12	–	–

Изучение посевных и урожайных качеств семян гороха в зависимости от сроков скашивания проводили на семеноводческих посевах.

Полученные результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6. Влияние сроков скашивания на показатели качества семян гороха сорта Памяти Попова на обычном рядовом посеве при норме высева 1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га (в среднем за 2022–2024 гг.), $X_{cp} \pm Sx_{cp}$
Table 6. The effect of mowing timing on the quality indicators of seeds of the pea variety 'Pamyati Popova' in conventional row sowing at a seeding rate of 1.2 million germinating seeds per 1 ha (mean in 2022–2024), $X_{cp} \pm Sx_{cp}$

Сроки скашивания	Фракционный состав семян по диаметру, %					Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
	5,0–5,5 мм	5,6–6,0 мм	6,1–6,5 мм	6,6–7,0 мм	7,1–7,5 мм			
При созревании 20–30 % бобов	24,7	18,1	26,2	26,0	5,0	181,0±4,5	94,0	97,0
При созревании 40–50 % бобов	17,2	17,7	23,1	30,5	11,5	193,3±4,9	96,0	98,0
При созревании 60–70 % бобов	15,0	12,5	21,0	34,5	17,0	198,6±5,2	96,0	98,0
При полной спелости	14,2	11,0	21,9	34,3	18,6	202,2±5,2	96,0	98,0

Как видно из данных таблицы 6, у сорта Памяти Попова при скашивании в период созревания 20–30 % бобов происходит значительное снижение процентного содержания крупных фракций семян в общем урожае и массы 1000 семян (различия достоверны при $p \leq 0,05$) по сравнению со скашиванием в фазу полной спелости. На энергию прорастания разные сроки скашивания в наших опытах существенного влияния не оказывали.

Выводы. В наших опытах семена из бобов нижнего и среднего ярусов отличались большим объемом, удельным весом, массой 1000 семян по сравнению с семенами из бобов верхнего яруса. Общая и семенная продуктивность растений, выращенных из семян бобов нижнего и среднего ярусов, были соответственно

на 8,4–12,5 и 8,2–14,4 % выше, чем у растений, выращенных из семян бобов верхнего яруса. В среднем за 2022–2024 гг. выход крупной и средней фракций семян из общей семенной массы составил 76,7 %. Семена, полученные с посевов, скошенных при созревании 60–70 % бобов и при их полной спелости, были более крупными и выравненными, чем семена с посевов, скошенных при созревании 20–30 % бобов. Посев семян гороха сорта Памяти Попова в норме высева 1,2 млн всхожих семян на 1 га обеспечивает повышение урожайности зерна на 14,1 % (0,18 т/га) по сравнению с посевом в норме высева 0,8 млн всхожих семян на 1 га.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 1022040500031-4.

Библиографический список

1. Васильченко С. А., Метлина Г. В., Ашиев А. Р. Влияние сроков посева и норм высева на полевую всхожесть и сохранность к уборке растений зимующего гороха в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 2. С. 114–120. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-114-120
2. Васильченко С. А., Метлина Г. В., Ашиев А. Р. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность зимующего гороха в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 85–92. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-85-92
3. Вахитова Р. К., Давлетов Ф. А., Ахмадуллина И. И. Изучение посевных качеств семян гороха из разных ярусов растений в условиях Предуральской степи Башкортостана // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 4(44). С. 11–15.
4. Гайнуллина К. П., Кулуев Б. Р., Давлетов Ф. А. Оценка генетического разнообразия сортов и линий гороха с помощью SSR-анализа // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 3. С. 70–80. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-70-80
5. Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Магафурова Ф. Ф. Сравнительное изучение хозяйственно-биологических признаков у сортов гороха, созданных в Республике Башкортостан за последние 30 лет // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4(84). С. 72–77. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-72-77
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. Нурлыгаянов Р. Б., Исламгулов Д. Р., Гиниятова Ф. Ф., Зайнагабдинов А. Ф. Зернобобовые культуры в Республике Башкортостан // Аграрная наука. 2021. № 10. С. 64–69. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-64-69
8. Остапенко Н. В., Чинченко Н. Н., Джамирзе Р. Р. Разнокачественность семян и первичное семеноводство // Рисоводство. 2022. № 3(56). С. 48–50. DOI: 10.33775/1684-2464-2022-56-3-48-55
9. Рудой Е. В., Рюмкин С. В., Петухова М. С., Андронов А. Ю., Быкова С. Л., Поцелуев О. М., Капустянчик С. Ю. Методические подходы к прогнозированию научно-технологического развития отрасли растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 10. С. 8–17.
10. Филатова И. А. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева // Земледелие. 2019. № 2. С. 36–38. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10210

References

1. Vasil'chenko S. A., Metlina G. V., Ashiev A. R. Vliyanie srokov poseva i norm vyseva na polevuyu vskhozhest' i sokhrannost' k uborke rastenii zimuyushchego gorokha v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [The effect of sowing dates and seeding rates on field germination and survival for harvesting of winter pea plants in the southern part of the Rostov region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2023. T. 15, № 2. S. 114–120. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-114-120
2. Vasil'chenko S. A., Metlina G. V., Ashiev A. R. Vliyanie srokov poseva i norm vyseva na urozhainost' zimuyushchego gorokha v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [The effect of sowing dates and seeding rates on winter pea productivity in the southern part of the Rostov region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2023. T. 15, № 5. S. 85–92. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-85-92
3. Vakhitova R. K., Davletov F. A., Akhmadullina I. I. Izuchenie posevnykh kachestv semyan gorokha iz raznykh yarusov rastenii v usloviyakh Predural'skoi stepi Bashkortostana [Study of sowing qualities of pea seeds from different plant tiers in the conditions of the Pre-Ural steppe of Bashkortostan] // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. № 4(44). S. 11–15.
4. Gainullina K. P., Kuluev B. R., Davletov F. A. Otsenka geneticheskogo raznoobraziya sortov i linii gorokha s pomoshch'yu SSR-analiza [Estimation of genetic diversity of pea varieties and lines using SSR-analysis] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2020. T. 181, № 3. S. 70–80. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-70-80
5. Davletov F. A., Gainullina K. P., Magafurova F. F. Sravnitel'noe izuchenie khozyaistvenno-biologicheskikh priznakov u sortov gorokha, sozdannykh v Respublike Bashkortostan za poslednie 30 let [Comparative study of economic and biological traits in pea varieties developed in the Republic of Bashkortostan over the past 30 years] // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 4(84). S. 72–77. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-72-77
6. 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. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
7. Nurlygayanov R. B., Islamgulov D. R., Giniyatova F. F., Zainagabdinov A. F. Zernobobovye kul'tury v Respublike Bashkortostan [Legumes in the Republic of Bashkortostan] // *Agrarnaya nauka*. 2021. № 10. S. 64–69. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-64-69
8. Ostapenko N. V., Chinchenko N. N., Dzhampirze R. R. Raznokachestvennost' semyan i pervichnoe semenovodstvo [Variability of seed quality and primary seed production] // *Risovodstvo*. 2022. № 3(56). S. 48–50. DOI: 10.33775/1684-2464-2022-56-3-48-55
9. Rudoi E. V., Ryumkin S. V., Petukhova M. S., Andronov A. Yu., Bykova S. L., Potseluev O. M., Kapustyanchik S. Yu. Metodicheskie podkhody k prognozirovaniyu nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya otrasli rasteniyevodstva [Methodological approaches to forecasting scientific and technological development of the plant growing industry] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2017. T. 31, № 10. S. 8–17.
10. Filatova I. A. Produktivnost' gorokha i elementy struktury urozhaya v zavisimosti ot norm vyseva [Pea productivity and yield structure elements depending on seeding rates] // *Zemledelie*. 2019. № 2. S. 36–38. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10210

Поступила: 14.02.25; доработана после рецензирования: 10.03.25; принята к публикации: 12.03.25.

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. Кираев Р. С. – концептуализация исследования; Бадамшина Е. В. – выполнение опытов и сбор данных; Давлетов Ф. А. – анализ данных и их интерпретация; Гайнуллина К. П. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

А. Б. Исмаилов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, alimbekdgsha77@mail.ru.

ORCID ID: 0000-0001-7651-4735;

Д. С. Магомедова¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, mds-agro@mail.ru.

ORCID ID: 0000-0002-7559-2456

М. Г. Муслимов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, mizenfer@mail.ru.

ORCID ID: 0000-0002-3961-8911;

Н. А. Юсуфов¹, кандидат экономических наук, доцент, nlaz@mail.ru,

ORCID ID: 0000-0001-5213-7787;

Д. М. Рамазанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, rdm84@mail.ru.

ORCID ID: 0000-0001-8239-6624

Ш. К. Омаров², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, h557l@mail.ru,

ORCID ID: 0000-0001-8810-1188;

¹ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джембулатова», 367032, г. Махачкала, республика Дагестан; e-mail: daggau@list.ru;

²ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства», 367008, г. Махачкала, республика Дагестан; e-mail: dgunh@dgunh.ru

В статье представлены результаты исследований за 2017–2019 гг. по влиянию регуляторов роста и бактериальных препаратов на урожайность различных сортов озимой пшеницы, районированных в СКФО. Опыты проведены на лугово-каштановой почве в условиях равнинной орошаемой зоны Дагестана. В ходе выполнения работы дается анализ показателей, влияющих на формирование будущего урожая растений, таких как полевая всхожесть семян, продолжительность прохождения фенологических фаз роста и развития культуры в осенней и весенней вегетации и зависимость от выбора применяемых ростостимулирующих и бактериальных препаратов, а также сортового потенциала озимой пшеницы. Установлено, что использование регуляторов роста и бактериальных препаратов перед посевом, а также опрыскивание растений в фазе кущения существенно влияют на элементы структуры урожая и в конечном итоге – на биологическую урожайность. Целью исследований является изучение влияния различных регуляторов роста и бактериальных препаратов на особенности роста, развития и формирования урожайности сортов озимой пшеницы, а также определение сравнительной продуктивности районированных сортов. В результате проведенных опытов обнаружено, что наибольшая величина урожайности сортов озимой пшеницы была сформирована на варианте с применением бактериального препарата Азофит при предпосевной обработке семян (норма внесения – 1 л/т семян) совместно со стимулятором роста Костандо, КЭ при опрыскивании в фазе кущения (норма применения 0,2 л/га). Оценка сравнительной урожайности сортов показала существенное отличие сорта Сила, у которого на всех вариантах опыта наблюдалось значительное преимущество над другими сортами. Так, при установленном нами оптимальном варианте с применением стимуляторов роста Азофит и Костандо, КЭ уровень урожайности данного сорта составил 5,0 т/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, урожайность, регуляторы роста.

Для цитирования: Исмаилов А. Б., Магомедова Д. С., Муслимов М. Г., Юсуфов Н. А., Рамазанов Д. М., Омаров Ш. К. Особенности роста, развития и формирования урожайности озимой пшеницы в зависимости от приемов технологии возделывания // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 59–65. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-59-65.



FEATURES OF GROWTH, DEVELOPMENT AND FORMATION OF WINTER WHEAT PRODUCTIVITY DEPENDING ON CULTIVATION TECHNOLOGIES

A. B. Ismailov¹, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, alimbekdgsha77@mail.ru.

ORCID ID: 0000-0001-7651-4735;

D. S. Magomedova¹, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the RAS, mds-agro@mail.ru.

ORCID ID: 0000-0002-7559-2456

M. G. Muslimov¹, Doctor of Agricultural Sciences, professor, mizenfer@mail.ru.

ORCID ID: 0000-0002-3961-8911;

N. A. Yusufov¹, Candidate of Econonomical Sciences, associate professor, nlaz@mail.ru,

ORCID ID: 0000-0001-5213-7787;

D. M. Ramazanov¹, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, rdm84@mail.ru.

ORCID ID: 0000-0001-8239-6624;

Sh. K. Omarov², Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, h557l@mail.ru,

ORCID ID: 0000-0001-8810-1188;

¹FSBEI HE "Dagestan state agricultural university named after M.M. Dzhambulatov", 367032 Republic of Dagestan, Makhachkala, Magomet Gadzhiev Str., 180; e-mail: daggau@list.ru;

²SAEI HE "Dagestan State University of National Economy" (DSUNE), 367008, Republic of Dagestan, Makhachkala, Dzhamalutdin Ataev Str., 5; e-mail: dgunh@dgunh.ru

The current paper has presented the study results on the effect of growth regulators and bacterial products on productivity of various winter wheat varieties zoned in the North Caucasus Federal District in 2017–2019. The trials were carried out on meadow-chestnut soil of the flat irrigated area of Dagestan. There has been given an analysis of the indicators influencing the formation of the future productivity, such as field germination of seeds, the length of the phenological phases of growth and development of the crop in the autumn and spring vegetation and the dependence on the choice of growth-stimulating and bacterial preparations, as well as the varietal potential of winter wheat. There has been established that the use of growth regulators and bacterial preparations before sowing, as well as spraying plants in the tillering phase, significantly affects the elements of the crop structure and, ultimately, the biological productivity. The purpose of the current work was to study the effect of various growth regulators and bacterial products on the characteristics of growth, development and formation of productivity of winter wheat varieties, as well as to determine the comparative productivity of zoned varieties. As a result of the conducted trials, there has been found out that the largest productivity of winter wheat varieties was formed in the variant with the use of the bacterial product 'Azofit' during pre-sowing seed treatment (application rate of 1 l/t of seeds) together with the growth stimulator 'Kostando, KE' during spraying in the tillering phase (application rate of 0.2 l/ha). The comparative estimation of varieties' productivity showed a significant difference of the variety 'Sila', which demonstrated an advantage over other varieties in all variants of the trial. Thus, with the optimal variant established by us using growth stimulants 'Azofit' and 'Kostando, KE' the productivity level of this variety was 5.0 t/ha.

Keywords: winter wheat, variety, productivity, growth regulators.

Введение. В настоящее время приоритетной задачей в растениеводстве являются поиск и разработка новых высокоэффективных регуляторов роста, обладающих физиологической активностью, полезными свойствами и оказывающих положительное влияние как на продуктивность растения, так и на почву (Магомедов и др., 2023; Сайдяшева и Зайцева, 2022).

Эффективность регуляторов роста и микро-биоудобрений во многом определяется нормой их применения. Слишком высокие нормы внесения этих веществ могут привести к необратимым негативным последствиям для растений, а в крайних случаях – даже к их гибели. При этом учитывается и оптимальный срок их внесения, то есть определенная фаза органогенеза растительного организма (Дрепа и др., 2024; Фомин и др., 2022).

Современное производство продукции растениеводства трудно представить без использования в технологии возделывания культуры различных препаратов, которые воздействуют на процессы роста и развития растений, оптимизируя их вегетацию, повышая урожайность и качество получаемой продукции (Зеленская и др., 2022).

Исходя из вышеизложенного, исследования росторегулирующих препаратов и отзывчивости различных сортов озимой пшеницы в условиях равнинной зоны Дагестана являются актуальными и народнохозяйственно значимыми.

Цель исследований – анализ влияния различных бактериальных и росто-стимулирующих препаратов на прохождение фенологических фаз вегетации и урожайность сортов озимой пшеницы.

Материалы и методы исследования. Исследования были проведены на опытно-коллекционном участке кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО «Дагестанский ГАУ». Почва на опытном участке – лугово-каштановая тяжело-суглинистая, что характерно для равнинной

зоны Дагестана. Содержание в пахотном слое: гумуса – 2,81 %, N – 30–50 мг/кг почвы, P₂O₅ – 20–20,9 мг/кг почвы, K₂O – 280,2 мг/кг почвы. Предшественник – чистый пар.

Объекты исследований и схема опыта

Фактор А – сорта озимой пшеницы полунтенсивного типа Таня, Сила, Безостая 100 селекции ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» и сорт интенсивного типа Находка селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», районированные в Северокавказском регионе;

Фактор В – росто-регулирующие и бактериальные препараты:

- без обработки (контроль) (В1);
- биопрепарат Азофит. Предпосевная обработка семян (норма внесения – 1 л/т семян. Расход рабочей жидкости – 10 л/т) – стимулятор роста Костандо, КЭ. Опрыскивание в фазе кущения (норма применения – 0,2 л/га. Расход рабочей жидкости – 200 л/га) (В2);
- биопрепарат Ризоагрин. Предпосевная обработка семян (норма внесения – 300 г/т семян. Расход рабочей жидкости – 10 л/т) – стимулятор роста Бигус, ВР. Опрыскивание в фазе кущения (норма применения – 0,3 л/га. Расход рабочей жидкости – 300 л/га) (В3);
- стимулятор роста Энергия-М. Предпосевная обработка семян (норма применения – 4 г/т семян. Расход рабочей жидкости – 10 л/т) – стимулятор роста Новосил, ВЭ. Опрыскивание в фазе кущения (норма применения – 30 мл/га. Расход рабочей жидкости – 300 л/га) (В4).

Используемые препараты включены в справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

Опыт двухфакторный. Повторность трехкратная, расположение делянок рендомизированное (Доспехов, 2014).

Структурные показатели урожайности зерна исследуемых сортов озимой пшеницы определяли в лаборатории семеноводства и биотехнологии в селекционно-семеноводческом

центре ФГБОУ ВО «Дагестанский ГАУ» на анализаторе Инфраматик 9500.

Результаты и их обсуждение. В период проведения исследований агроклиматические условия, влияющие на вегетацию озимой пшеницы при использовании бактериальных препаратов и регуляторов роста, не имели значительных колебаний и не приводили к заметным изменениям в росте и развитии растений в осенний период их вегетации. Для прорастания семян и наступления фазы всходов требуется сумма температур от 120 до 140 °С, от всходов до кущения – 190–250 °С (Gimbatov et al., 2016; Федорова и Галактионова, 2024).

Как показали наши наблюдения, интенсивность прорастания и продолжительность периода от посева до появления всходов у исследуемых сортов озимой пшеницы варьировали от 8 до 10 дней (табл. 2). Эти изменения в начале онтогенеза в основном были

связаны с уровнем влажности верхнего слоя почвы и имели незначительную зависимость от обработки семян бактериальными препаратами. Так, в среднем полевая всхожесть в контроле (без обработки семян) достигала от 232 до 252 шт./м², тогда как на вариантах с обработкой семян бактериальным препаратом Азофит и стимулятором Костандо, КЭ этот показатель повышался у сорта Таня до 323 шт./м², у сорта Находка – до 304 шт./м² и у сорта Безостая 100 – до 332 шт./м², у сорта Сила – до 348 шт./м² (табл. 1).

Результаты проведенных нами исследований выявили, что наилучшие показатели полевой всхожести растений у изучаемых сортов были на варианте В2 с применением Азофита при предпосевной обработке семян и последующим опрыскиванием Костандо, КЭ, в фазе кущения.

Таблица 1. Густота стояния растений у сортов озимой пшеницы в зависимости от обработки семян бактериальными препаратами и регуляторами роста, шт./м²

Table 1. Plant density of winter wheat varieties depending on seed treatment with bacterial products and growth regulators, pcs/m²

Сорта (фактор А)	Биопрепараты (фактор В)	Густота стояния растений в фазе всходов			Среднее за три года
		2017	2018	2019	
Таня	В ₁	231	242	236	236
	В ₂	313	325	333	323
	В ₃	294	301	318	304
	В ₄	284	296	302	294
Находка	В ₁	221	235	240	232
	В ₂	298	301	315	304
	В ₃	278	298	305	293
	В ₄	283	289	295	289
Сила	В ₁	242	251	263	252
	В ₂	325	353	367	348
	В ₃	301	315	322	312
	В ₄	292	301	312	301
Безостая 100	В ₁	222	241	248	237
	В ₂	321	335	342	332
	В ₃	283	302	312	299
	В ₄	286	291	306	294
НСР ₀₅ Фактор-?А	–	0,68	0,75	0,96	–
НСР ₀₅ Фактор-?В	–	0,56	0,61	0,79	–

Анализ состояния растений исследуемых сортов озимой пшеницы в весеннем вегетационном периоде в среднем по годам исследований показал, что коэффициент кущения при контроле (без обработки семян) оказался наивысшим у сорта Сила, который варьировал от 3,7 до 4,3 шт./раст. Незначительно уступает сорт Безостая 100 с показателями от 3,5 до 4,2.

Наивысший общий коэффициент кущения был зафиксирован в варианте В2, где у изучаемых сортов наблюдалось 4,0–4,5 побега на одно растение (табл. 2).

Что касается продолжительности и интенсивности периода кущения, то можно наблю-

дать, что более высокая общая и продуктивная кустистость всех сортов характерна для варианта с применением Азофита (предпосевная обработка семян) и Костандо, КЭ (опрыскивание в фазе кущения) – В2, где количество продуктивных побегов в среднем составляло 2,5–2,7 шт./раст. соответственно.

Таким образом, установлено, что обработка семян бактериальными препаратами перед посевом с дальнейшим опрыскиванием их регуляторами роста в период «кущение – начало выхода в трубку» содействовала активизации ростовых процессов по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 2. Влияние регуляторов роста и бактериальных препаратов на продолжительность прохождения фенологических фаз весенней вегетации (среднее за 2017–2019 гг.)

Table 2. The effect of growth regulators and bacterial products on the length of phenological phases of spring vegetation (mean in 2017–2019)

Сорта (фактор А)	Биопрепараты (фактор В)	Начало весенней вегетации, дата	Количество побегов, шт./раст.			Начало выхода в трубку, дата	Начало колошения, дата	Продолжительность периода, дней
			осеннее кущение	весеннее кущение	в том числе продуктивных			
Таня	B ₁	6.03	2,1	3,5	2,2	10.04	20.05	74
	B ₂	5.03	2,8	4,5	2,5	8.04	18.05	72
	B ₃	5.03	2,6	4,1	2,3	7.04	16.05	71
	B ₄	6.03	2,7	4,3	2,5	8.04	17.05	72
Находка	B ₁	7.03	2,0	3,6	2,2	13.04	23.05	76
	B ₂	5.03	2,6	4,2	2,6	10.04	20.05	74
	B ₃	6.03	2,3	3,9	2,3	9.04	20.05	73
	B ₄	7.03	2,3	3,6	2,3	10.04	21.05	74
Сила	B ₁	8.03	2,1	3,7	2,3	15.04	25.05	76
	B ₂	6.03	2,7	4,3	2,7	7.04	19.05	71
	B ₃	5.03	2,4	4,0	2,5	8.04	18.05	72
	B ₄	6.03	2,5	4,1	2,4	9.04	19.05	73
Безостая 100	B ₁	8.03	2,1	3,5	2,2	8.04	15.05	72
	B ₂	5.03	2,5	4,0	2,5	9.04	21.05	74
	B ₃	5.03	2,3	4,2	2,3	6.04	12.05	70
	B ₄	4.03	2,4	3,2	2,3	7.04	15.05	72
HCP ₀₅ – фактор А	–	–	0,06	0,07	0,07	–	–	–
HCP ₀₅ – фактор В	–	–	0,05	0,06	0,05	–	–	–

Поскольку вариант с применением бактериального препарата Азофит совместно со стимулятором роста Костандо, КЭ является

наилучшим, то продолжительность осенней вегетации решено представить по этому варианту (табл. 3).

Таблица 3. Продолжительность прохождения фенологических фаз развития различных сортов озимой пшеницы в осенний период при внесении Азофита (предпосевная обработка семян) и Костандо, КЭ (опрыскивание в фазе кущения) (среднее за 2017–2019 гг.)

Table 3. The length of phenological phases of different winter wheat varieties' development in the autumn with the application of 'Azofit' (pre-sowing seed treatment) and 'Kostando, KE' (spraying in the tillering phase), (mean in 2017–2019)

Годы исследований	Дата посева	Появление всходов, дата	Начало кущения, дата	Конец осенней вегетации, дата	Продолжительность периода «всходы–конец осенней вегетации», дней
Таня					
2017	21.09	30.09	15.10	17.11	49
2018	22.09	30.09	16.10	18.11	50
2019	20.09	28.09	13.10	16.11	50
Среднее	–	–	–	–	49
Находка					
2017	21.09	01.10	16.10	18.11	49
2018	22.09	02.10	18.10	19.11	49
2019	20.09	30.09	16.10	17.11	49
Среднее	–	–	–	–	49
Сила					
2017	21.09	01.10	16.10	16.11	47
2018	22.09	03.10	19.10	17.11	46
2019	20.09	30.09	19.10	18.11	50
Среднее	–	–	–	–	48
Безостая 100					
2017	22.09	02.10	17.10	16.11	46
2018	23.09	02.10	15.10	15.11	45
2019	22.09	03.10	16.10	18.11	47
Среднее	–	–	–	–	47

Как известно, ключевым фактором, определяющим преимущество определенного сорта, является его способность к высокому урожаю, которая зависит не только от особенностей биологии культуры, но и применяемых элементов агротехнологии возделывания (Михальков и др., 2024; Хромова и др., 2024).

Результаты исследований с обработкой семян бактериальными препаратами и опрыскиванием растений озимой пшеницы регуляторами роста показали, что преимущества, которые растения приобрели в ходе своего развития, также сказались на уровне урожайности.

Анализ данных таблицы 4 демонстрирует, что наивысшая урожайность за годы исследований была достигнута при предпосевной

обработке семян с использованием бактериального препарата Азофит совместно с регулятором роста Костандо, КЭ с опрыскиванием в фазе кущения, что привело к увеличению урожая сортов от 0,14 до 0,91 т/га. Это составляет 3,27–18,0 % по сравнению с контрольным вариантом.

В варианте, где семена обрабатывали биопрепаратом Ризоагрин с регулятором роста Бигус, ВР, урожайность всех исследуемых сортов оказалась ниже, чем при обработке препаратами Азофит и Костандо, КЭ. Тем не менее их использование приводит к увеличению урожайности на 2,5–14,7 %, или на 0,10–0,67 т/га, по сравнению с контрольным вариантом (табл. 4).

Таблица 4. Влияние бактериальных препаратов и регуляторов роста на урожайность различных сортов озимой пшеницы (среднее за 2017–2019 гг.)
Table 4. The effect of bacterial products and growth regulators on different winter wheat varieties' productivity (mean in 2017–2019)

Сорта (фактор А)	(фактор В)	Урожайность, т/га			Среднее	Прибавка по фактору А (сорт)
		2017	2018	2019		
Таня	B ₁	3,26	3,42	3,64	3,44	–
	B ₂	4,15	4,28	4,31	4,14	–
	B ₃	3,75	3,88	3,95	3,86	–
	B ₄	3,42	3,53	3,75	3,56	–
Находка	B ₁	3,34	3,50	3,72	3,52	–
	B ₂	4,05	4,35	4,44	4,28	0,14
	B ₃	3,78	3,97	4,15	3,96	0,10
	B ₄	3,40	3,82	3,95	3,72	0,16
Сила	B ₁	3,43	3,59	3,81	3,61	–
	B ₂	4,75	5,17	5,23	5,05	0,91
	B ₃	4,35	4,51	4,73	4,53	0,67
	B ₄	4,16	4,26	4,33	4,25	0,69
Безостая 100	B ₁	3,40	3,56	3,78	3,58	–
	B ₂	4,37	4,58	4,85	4,60	0,46
	B ₃	4,08	4,26	4,43	4,26	0,40
	B ₄	3,88	4,13	4,23	4,08	0,52
HCP ₀₅ – А	–	0,33	0,26	0,15	–	–
HCP ₀₅ – В	–	0,46	0,37	0,25	–	–
HCP ₀₅ – частных различий	–	0,75	0,60	0,38	–	–

Результаты проведенных нами экспериментов дают представление о динамике увеличения урожайности во второй и третий годы исследований относительно контроля на вариантах с обработкой семян биопрепаратом Азофит (предпосевная обработка семян) совместно с регулятором роста Костандо, КЭ (опрыскивание в фазе кущения) (B2) по сортам: Таня – 17,7 % (0,86 т/га) и 15,5 % (0,67 т/га); Находка – 19,5 % (0,85 т/га) и 16,3 % (0,72 т/га); Сила – 30 % (1,58 т/га) и 27,1 % (1,42 т/га); Безостая 100 – 22,3 % (1,02 т/га) и 22,0 % (1,07 т/га) соответственно.

Полученные результаты показывают, что исследуемые бактериальные препараты, применяемые вместе с регуляторами роста растений, а также сравнительная оценка различных сортов озимой пшеницы привели к статистически

достоверному повышению урожайности зерна. Таким образом, сорт Сила продемонстрировал наивысшие показатели урожайности – у него прибавка от сортового потенциала составила 0,91–0,69 т/га, в то время как другие сорта показали результаты в диапазоне: Находка – 0,10–0,16 т/га и Безостая 100 – 0,40–0,52 т/га.

Согласно нашим данным, в среднем за годы экспериментальных исследований вариант B2 показал наилучшие результаты по уровню урожайности исследуемых сортов в отличие от вариантов с использованием других регуляторов роста и бактериальных препаратов, где превышение было несущественным. А использование стимуляторов роста Энергия-М с последующим опрыскиванием растений стимулятором Новосил, ВЭ привело к уменьшению урожайности всех исследованных сортов озимой пшени-

цы, в результате чего была зафиксирована минимальная прибавка урожая.

Выводы. В наших исследованиях установлено, что применение регуляторов роста и бактериальных препаратов перед посевом и опрыскивание растений в фазе кущения оказывает значительное воздействие на составляющие структуры урожая и в конечном итоге – на биологическую продуктивность зерна. Максимальный уровень урожайности исследуемых сортов озимой пшеницы был достигнут в варианте, где семена обрабатывали перед посевом бактериальным препаратом Азофит

совместно с регулятором роста Костандо, КЭ, применяемым в фазе кущения растений. При этом показатели прибавки урожая наиболее выраженными были у сорта Сила.

Финансирование. Работа выполнена по госбюджетной тематике кафедры растениеводства и кормопроизводства «Совершенствование примеры технологии возделывания зерновых и кормовых культур на основе подбора адаптивных сортов и биологизации систем удобрений в условиях равнинной зоны Дагестана».

Библиографический список

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 2014. 351 с.
2. Дрепа Е. Б., Пшеничный Р. Н., Мухина О. В., Дрепа Д. А. Влияние биопрепаратов и микроудобрений как элемента технологии на продуктивность озимой пшеницы // Вестник АПК Ставрополья. 2024. № 1(53). С. 37–43. DOI: 10.31279/2949-4796-2024-16-53-37-42
3. Зеленская Г. М., Шашлов В. О. Действие биопрепаратов на урожайность озимой пшеницы // Научно-агрономический журнал. 2022. № 2(117). С. 44–49. DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.005.44-49
4. Магомедов Н. Р., Абдуллаев А. А., Абдуллаев Ж. Н., Бабаев Т. Т. Влияние органоминеральных удобрений и регулятора роста на посевы озимой твердой пшеницы в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции Дагестана // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 2. С. 99–106. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-99-106
5. Михальков Д. Е., Плещачев Ю. Н., Раззаренов С. В., Бoryшов Р. Ю. Влияние предпосевной обработки семян и агрохимикатов на урожайность озимой пшеницы // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 3 (59). С. 69–75.
6. Сайдяшева Г. В., Зайцева К. Г. Влияние препарата Биотран на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья // Вестник Казанского ГАУ. 2022. № 2(66). С. 42–45. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-42-46
7. Федорова Д. Г., Галактионова Л. В. Анализ изменчивости морфометрических и физиологических показателей зерновых культур при использовании биоудобрения // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 89–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-89-96
8. Фомин В. Н., Козин А. М., Мардиев И. И., Хуснутдинов Р. Г. Продуктивность и показатели качества зерна озимой пшеницы при разных схемах применения микроудобрений и стимуляторов роста в условиях Среднего Поволжья // Вестник Казанского ГАУ. 2022. № 4(68). С. 56–61. DOI: 10.12737/2073-0462-2023-56-62
9. Хромова Л. М., Шабатуков А. Х., Малкандуева А. Х. Влияние биофунгицидов в смеси с регуляторами роста на продуктивность новых сортов озимой пшеницы // Вестник Казанского ГАУ. 2024. № 1(73). С. 23–26. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-23-27
10. Gimbatov A. S., Muslimov M. G., Ismailov A. B., Alimirzaeva G. A., Omarova E. K. The role of mineral fertilizer in increasing the productivity and quality of winter wheat grain // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Т. 7, № 5. P. 1304–1310.

References

1. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [The effect of growth regulators on productivity of agricultural crops in different parts of Russia] 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 2014. 351 s.
2. Drepa E. B., Pshenichnyi R. N., Mukhina O. V., Drepa D. A. Vliyanie biopreparatov i mikroudobrenii kak elementa tekhnologii na produktivnost' ozimoi pshenitsy [The effect of bioproducts and microfertilizers as an element of technology on winter wheat productivity] // Vestnik APK Stavropol'ya. 2024. № 1(53). S. 37–43. DOI: 10.31279/2949-4796-2024-16-53-37-42
3. Zelenskaya G. M., Shashlov V. O. Deistvie biopreparatov na urozhainost' ozimoi pshenitsy [The effect of bioproducts on winter wheat productivity] // Nauchno-agronomicheskii zhurnal. 2022. № 2(117). S. 44–49. DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.005.44-49
4. Magomedov N. R., Abdullaev A. A., Abdullaev Zh. N., Babaev T. T. Vliyanie organomineral'nykh udobrenii i regul'yatora rosta na posevy ozimoi tverdoi pshenitsy v usloviyakh orosheniya Tersko-Sulakskoi podprovintsii Dagestana [The effect of organomineral fertilizers and growth regulator on winter durum wheat crops under irrigation in the Terek-Sulak subprovince of Dagestan] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 2. S. 99–106. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-99-106
5. Mikhalkov D. E., Pleskachev Yu. N., Razzarenov S. V., Boryshov R. Yu. Vliyanie predposevnoi obrabotki semyan i agrokhimikatov na urozhainost' ozimoi pshenitsy [The effect of pre-sowing seed treatment and agrochemicals on winter wheat productivity] // Problemy razvitiya APK regiona. 2024. № 3(59). S. 69–75.
6. Saidyasheva G. V., Zaitseva K. G. Vliyanie preparata Biotran na produktivnost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [The effect of the bioproduct 'Biotran' on spring wheat productivity and grain quality in the Middle Volga region] // Vestnik Kazanskogo GAU. 2022. № 2(66). S. 42–45. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-42-46

7. Fedorova D. G., Galaktionova L. V. Analiz izmenchivosti morfometricheskikh i fiziologicheskikh pokazatelei zernovykh kul'tur pri ispol'zovanii bioudobreniya [Analysis of the variability of morphometric and physiological parameters of grain crops when using biofertilizer] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2024. T. 16, № 1. S. 89–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-89-96
8. Fomin V. N., Kozin A. M., Mardiev I. I., Khusnutdinov R. G. Produktivnost' i pokazateli kachestva zerna ozimoi pshenitsy pri raznykh skhemakh primeneniya mikroudobrenii i stimulyatorov rosta v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Winter wheat productivity and grain quality indicators with different schemes of application of microfertilizers and growth stimulants in the Middle Volga region] // *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2022. № 4(68). S. 56–61. DOI: 10.12737/2073-0462-2023-56-62
9. Khromova L. M., Shabatukov A.Kh., Malkandueva A. Kh. Vliyanie biofungitsidov v smesi s regulyatorami rosta na produktivnost' novykh sortov ozimoi pshenitsy [The effect of biofungicides mixed with growth regulators on productivity of new winter wheat varieties] // *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2024. № 1(73). S. 23–26. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-23-27
10. Gimbatov A. S., Muslimov M. G., Ismailov A. B., Alimirzaeva G. A., Omarova E. K. The role of mineral fertilizer in increasing the productivity and quality of winter wheat grain // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. T. 7, № 5. P. 1304–1310.

Поступила: 13.02.25; доработана после рецензирования: 13.03.25; принята к публикации: 21.03.25.

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. Исмаилов А. Б. – подготовка и выполнение полевых опытов, анализ данных; Магомедова Д. С. – выполнение полевых опытов и ресурсное обеспечение исследования; Муслимов М. Г. – проведение лабораторных опытов; Юсуфов Н. А., Омаров Ш. К. – визуализация, обработка и анализ данных и их интерпретация; Рамазанов Д. М. – ресурсное обеспечение, сбор данных и подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Н. А. Воронкова, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории агрохимии, voronkova.67@bk.ru, ORCID ID: 0000-0003-4797-9765;
Н. Ф. Балабанова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии, natascha.balabanowa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1445-2203;
В. А. Волкова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии, volkovava1989@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3798-1116;
В. С. Юсов, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-4159-3872
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»,
644012, г. Омск, пр. Королева, д. 26, e-mail: 55 asc@bk.ru

Первоочередной задачей аграриев остается получение высокого урожая хорошего качества, который могут обеспечить перспективные сорта сельскохозяйственных культур и адаптивные агротехнологии. В статье представлены результаты исследований за 2021–2023 гг. сортовой специфики минерального питания новых сортов твердой пшеницы. Цель исследования – оптимизация минерального питания новых сортов твердой пшеницы, обеспечивающая повышение урожайности и качества зерна. Для реализации поставленной цели был заложен полевой двухфакторный опыт (3 × 5). Фактор А – сорта твердой пшеницы. Фактор В – варианты применения минеральных удобрений. Сорта твердой пшеницы селекции Омского АНЦ и относятся к средне-спелым с повышенным содержанием в зерне индекса глютена. Установлено, что по урожайности на неудобренном фоне сорта Омский малахит и Омский топаз уступали сорту-стандарту Жемчужина Сибири на 0,44 и 0,27 т/га зерна соответственно. Внесение удобрений способствовало повышению урожайности в среднем у сорта Жемчужина Сибири на 0,55 т/га, у новых сортов прибавка была в два раза ниже (0,26 и 0,27 т/га). Наибольшее содержание белка в зерне отмечено у сорта Омский малахит (16,4 %) без существенной зависимости от вариантов применения удобрений. По содержанию глютена новые сорта превосходили St в 2,3–3,6 раза, в среднем у сорта Омский топаз индекс глютена составил 72 %, Омский малахит – 54 %. За счет основного внесения минеральных удобрений (N₃₀P₄₅) содержание глютена в зерне увеличилось на 6,1–8,1 % абс. ед. Для реализации сортовых особенностей минерального питания в адаптивных агротехнологиях в статье представлены агрохимические нормативные параметры расхода основных элементов минерального питания на создание одной тонны зерна с соответствующим количеством побочной продукции, коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений.

Ключевые слова: сорт, яровая твердая пшеница, минеральные удобрения, урожайность, качество, индекс глютена.

Для цитирования: Воронкова Н. А., Балабанова Н. Ф., Волкова В. А., Юсов В. С. Оптимизация минерального питания новых сортов яровой твердой пшеницы в условиях Омского Прииртышья // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 66–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-66-72.



OPTIMIZATION OF MINERAL NUTRITION OF NEW SPRING DURUM WHEAT VARIETIES IN THE OMSK IRTYSH REGION

N. A. Voronkova, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for agrochemistry, voronkova.67@bk.ru, ORCID ID: 0000-0003-4797-9765;
N. F. Balabanova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for agrochemistry, natascha.balabanowa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1445-2203;
V. A. Volkova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for agrochemistry, volkovava1989@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3798-1116;
V. S. Yusov, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory of Selection of Spring Durum Wheat, ORCID ID: 0000-0002-4159-3872
Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agricultural Research Center",
644012, Omsk region, Omsk, Korolev Av., 26, e-mail: 55asc@bk.ru

The primary task of farmers is to obtain large productivity of good quality, which can be provided by promising varieties of agricultural crops and adaptive agricultural technologies. The current paper has presented the study on the varietal specificity of mineral nutrition of new durum wheat varieties conducted in 2021–2023. The aim of the study is to optimize mineral nutrition of new varieties of durum wheat, ensuring an increase in yield and grain quality. To achieve this goal, there was laid down a two-factor field trial (3×5). Factor A presents durum wheat varieties. Factor B presents options for the use of mineral fertilizers. The durum wheat varieties developed by the Omsk ARC are middle-ripening varieties with an increased gluten percentage in grain. There has been established that according to productivity on an unfertilized background, the varieties 'Omsky Malakhit' and 'Omsky Topaz' were inferior to the standard variety 'Zhemchuzhina Sibiri' by 0.44; 0.27 t/ha of grain. Fertilizing resulted in a mean productivity increase of 0.55 t/ha by the variety 'Zhemchuzhina Sibiri', while the increase by the new varieties was two

times lower (0.26; 0.27 t/ha). The highest protein percentage in grain was identified in the variety 'Omsky Malakhit', with 16.4 %, without any significant dependence on fertilizer application options. In terms of gluten, the new varieties exceeded the standard by 2.3–3.6 times, on average, the variety 'Omsky Topaz' had a gluten index of 72 % and 'Omsky Malachite' had 54 %. Due to the main application of mineral fertilizers ($N_{30}P_{45}$), gluten percentage in grain increased by 6.1–8.1 % abs. units. To implement the varietal characteristics of mineral nutrition in adaptive agricultural technologies, the paper has presented agrochemical standard parameters for the consumption of the main elements of mineral nutrition to produce one ton of grain with the corresponding amount of by-products, the coefficients of use of elements from the soil and fertilizers.

Keywords: variety, spring durum wheat, mineral fertilizers, productivity, quality, gluten index.

Введение. В настоящее время сельхозтоваропроизводители из достаточно большого видового разнообразия пшениц приоритетное внимание уделяют мягкой и твердой пшенице. Ареал посевных площадей последнего экотипа значительно уступает мягкой пшенице. В валовом сборе этой культуры не более 5 % твердой пшеницы, из них в РФ – около 2 млн т. (Самофалова, и др., 2015).

Зерно твердой пшеницы уникально по своему качественному составу, о чем свидетельствуют многочисленные исследования ученых (Кравченко и др., 2023; Мальчиков и др., 2023; Садыгова и др., 2021). Отмечается, что оно имеет лучший аминокислотный состав в сравнении с мягкой пшеницей, клейковина его сбалансирована по содержанию глиадина и глютеина, совокупность этих свойств определяет основную и важную специализацию применения зерна твердой пшеницы в пищевой промышленности. Для реализации потребности макаронной промышленности в сырье ученые селекционеры активно работают в направлении получения новых сортов с высокой урожайностью и сбалансированным качеством зерна (Воротынцева, 2021).

Известно, что раскрыть потенциал нового сорта можно только изучив отзывчивость его на приемы интенсификации, в том числе и минеральные удобрения (Розова и др., 2019; Денисов и др., 2022; Мишустин и др., 2022). Поэтому формирование нормативной агрохимической базы – общий вынос и расход основных элементов питания, коэффициенты использования основных элементов минерального питания из почвы и удобрений – позволяет разработать научно обоснованную систему удобрений, обеспечивающую формирование высокого урожая новых сортов твердой пшеницы со сбалансированным качеством зерна.

Цель исследования – оптимизация минерального питания новых сортов твердой пшеницы, обеспечивающая повышение урожайности и качества зерна.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования – сорта яровой твердой пшеницы Омский топаз и Омский малахит. Сорта переданы на ГСИ РФ в 2023 г. и 2022 г. соответственно для испытания в 8, 9, 10, 11 регионах.

Исследования проводили в 2021–2023 гг. на опытном участке лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омский АНЦ», расположенном в условиях южной лесостепной зоны Омской области.

Схема опыта двухфакторная (3x5): фактор А – сорта: 1) Жемчужина Сибири (st), вклю-

чена в Государственный реестр РФ с 2006 г.; 2) Омский топаз; 3) Омский малахит. Фактор В – минеральные удобрения: 1) контроль (без применения минеральных удобрений); 2) P_{45} (основное внесение); 3) P_{45} (основное внесение) + НП (некорневая подкормка) N_{30} (фаза «колошение»); 4) $N_{30}P_{45}$ (основное внесение); 5) P_{20} (припосевное внесение). Площадь опытной деланки 20 м², повторность трехкратная, размещение систематическое.

Предшественник – чистый пар, норма высева – 5 млн всхожих зерен на 1 га. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, аммофос) вносили вручную под предпосевную культивацию согласно схеме исследований. P_{20} – локально при посеве. Посев сеялкой СС-11. Некорневая азотная подкормка была проведена в фазу колошения мочевиной, расход рабочего раствора 200 л/га. В фазе кущения культуры проводили гербицидную обработку против сорняков. Уборку выполняли комбайном Wintersteiger Quantum Plus.

Лабораторно-аналитические исследования почвенных и растительных образцов выполнены по общепринятым методикам. Содержание нитратного азота с дисульфопеноловой кислотой по Грандваль-Ляжу, подвижного фосфора и обменного калия – из одной вытяжки по Чирикову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26204-91 с окончанием определения для калия – атомно-абсорбционным методом и фосфора колориметрически, окрашивание по Дениже. Растительные образцы на содержание валовых азота, фосфора и калия анализировали из одной навески В.В. Пиневиц (1955). Определение глютен-индекса – ГОСТ ISO 21415-2-2019. Обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (2014).

Почва опытного участка лугово-черноземная среднесиловатая тяжелосуглинистая, содержание гумуса 6,3–6,5 % (по Тюрину), pH – 6,5–6,7, подвижного фосфора и обменного калия – 101–120 и 350–420 мг/кг почвы соответственно (по Чирикову).

Климат Омской области резко континентальный. Продолжительность вегетационного периода составляет 155–165 дней. Сумма активных температур выше 10 °С в зоне южной лесостепи в среднем 2000–2100 °С. Годовое количество осадков составляет 320–370 мм.

Метеорологические условия вегетационного периода 2021 г. были неблагоприятными для роста и развития зерновых культур. Дефицит атмосферных осадков на фоне экстремально высоких температур воздуха в течение

ние вегетации ускорил развитие и созревание зерновых культур. ГТК за май–август составил 0,76. Вегетационный период 2022 г. характеризовался повышенными значениями температуры воздуха и крайне неравномерным поступлением осадков, ГТК – 1,02. Гидротермические

условия вегетационного периода 2023 г. были засушливыми. Температура воздуха составляла 17,8 °С, что выше нормы на 1 °С, при дефиците осадков – 178 мм (86 % от среднемноголетнего показателя), ГТК составлял 0,80 (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические показатели в период вегетации ОГМС «Омск» (2021–2023 гг.)
Table 1. Meteorological indicators during the vegetation period of the OHMS "Omsk", 2021-2023

Месяц	Температура воздуха, °С				Сумма осадков, мм			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	средне-многолетний показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	средне-многолетний показатель
Май	17,3	14,6	13,2	13,0	13	10	27	31
Июнь	16,9	17,9	18,5	18,0	45	53	42	55
Июль	20,6	19,9	22,6	19,4	33	116	65	65
Август	19,1	17,5	17,1	17,0	42	12	44	56
Май–август	18,4	17,4	17,8	16,8	133	191	178	207
ГТК	–				0,76	1,02	0,80	1,0

Результаты и их обсуждение. Основной гипотезой, положенной в основу эксперимента, являлась оценка реакции новых сортов твердой пшеницы, отличающихся от сорта-стандарта повышенным содержанием в зерне глютена, на улучшение условий минерального питания за счет основного (P_{45} ; $N_{30}P_{45}$), припосевного

(P_{20} в рядки) внесения удобрений и некорневой подкормки (N_{30}) в фазу колошения.

Анализ урожайности яровой твердой пшеницы на неудобренном фоне показал, что урожайность сортов Омский топаз и Омский малахит уступали St на 19 и 11 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов твердой пшеницы, т/га зерна (в среднем за 2021–2023 гг.)
Table 2. The effect of mineral fertilizers on productivity of durum wheat varieties, t/ha of grain (mean in 2021–2023)

№ п/п	Вариант (B)	Сорта (A)		
		Жемчужина Сибири (st)	Омский топаз	Омский малахит
1	Контроль (без удобрений)	2,71	2,27	2,44
2	P_{45}	3,14	2,53	2,69
3	P_{45} + НП N_{30} в колошение	3,07	2,51	2,64
4	$N_{30} P_{45}$	3,49	2,60	2,81
5	P_{20} в рядки	3,33	2,48	2,68
В среднем по сорту		3,15	2,48	2,65
$HCP_{05} A = 0,24$; $HCP_{05} B = 0,20$; $HCP_{05} AB = 0,28$				

В среднем по фактору «сорт» урожайность Жемчужины Сибири (3,15 т/га зерна) превышала урожайность испытуемых сортов на 0,50–0,67 т/га зерна. Можно предположить, что уступая в продуктивности стандарту, сорта Омский топаз и Омский малахит, заявленные как сорта с улучшенными качественными параметрами зерна, компенсируют это снижение высокими технологическими параметрами.

Наиболее отзывчивым на применение удобрений был сорт Жемчужина Сибири (st), дополнительно получено 0,36–0,78 т/га зерна в зависимости от приема их внесения. Уровень прибавки урожайности новых сортов на удобренных фонах не превысил 0,37 т/га зерна. По отзывчивости на минеральные удобрения сорт St можно отнести к сорту интенсивного типа, Омский топаз и Омский малахит уступают ему по этому критерию. Анализ урожайности по вариантам применения удобрений показал, что внесение фосфорного удобрения в дозе P_{45} обеспечивало повышение урожайности

сорта Жемчужина Сибири на 0,43 т/га зерна, тогда как прибавка урожайности новых сортов в этом варианте была почти в два раза ниже и составила 0,25–0,26 т/га. При бинарном сочетании элементов питания в удобрении ($N_{30}P_{45}$) урожайность сорта Жемчужина Сибири составила 3,49 т/га зерна, это на 29 % выше, чем в варианте без удобрений. Внесение N_{30} на фоне P_{45} обеспечило прибавку зерна – 0,35 т/га. Реакция новых сортов на внесение азотно-фосфорных удобрений ($N_{30} P_{45}$) уступала сорту St. Урожайность сортов Омский топаз и Омский малахит в этом варианте была на уровне внесения фосфорного удобрения (P_{45}), то есть сорта очень слабо реагировали на дополнительное азотное питание (N_{30}). Аналогично проявили себя все три сорта в варианте применения некорневой подкормки (N_{30} в фазу колошения). Существенного роста урожайности не наблюдалось, что вполне закономерно – применение некорневой подкормки направлено в первую очередь на корректировку каче-

ственных свойств зерна (Воронкова и др., 2024). Эффективный и популярный способ внесения фосфорных удобрений (P_{20} в рядки при посеве) повышал урожайность сорта Жемчужина Сибири на 0,62 т/га в сравнении с контрольным вариантом. У новых сортов в том же варианте дополнительно получено 0,21–0,24 т/га зерна.

Таким образом, при возделывании сортов твердой пшеницы на черноземных почвах

Омского Прииртышья необходимо учитывать сортовую специфику при разработке системы удобрений.

Важным качественным показателем зерна является содержание белка. В нашем эксперименте получено зерно по этому критерию, соответствующее первому классу (табл. 3).

Таблица 3. Влияние минеральных удобрений на содержание (%) и сбор белка новых сортов твердой пшеницы (в среднем за 2021–2023 гг.)
Table 3. The effect of mineral fertilizers on the content (%) and protein yield of new durum wheat varieties (mean in 2021–2023)

№ п/п	Вариант (В)	Сорта (А)					
		Жемчужина Сибири (st)		Омский топаз		Омский малахит	
		Белок, %	Сбор белка, т/га	Белок, %	Сбор белка, т/га	Белок, %	Сбор белка, т/га
1	Контроль (без удобрений)	15,2	0,41	14,5	0,32	16,4	0,40
2	P_{45}	14,1	0,44	15,0	0,38	16,3	0,44
3	P_{45} + НП N_{30} в колошение	15,6	0,47	15,0	0,37	16,7	0,44
4	N_{30} P_{45}	14,0	0,49	15,0	0,39	15,9	0,45
5	P_{20} в рядки	14,5	0,48	15,6	0,38	16,3	0,44
В среднем по сорту		14,7	0,46	15,0	0,37	16,3	0,43
$HCP_{05} A = F\phi < F\tau$; $HCP_{05} B = F\phi < F\tau$; $HCP_{05} AB = F\phi < F\tau$							

Установлено, что на неудобренном фоне лидером по содержанию белка в зерне был сорт Омский малахит (16,4 %), у сорта Омский топаз содержание белка в зерне было на уровне сорта-стандарта – 14,5 и 15,2 соответственно. Вариабельность содержания белка в зерне новых сортов твердой пшеницы в зависимости от применения удобрений была незначительной. В среднем по фактору «сорт» сбор белка у сорта-стандарта составил 0,46 т/га, и аналогичный результат получен у сорта Омский малахит (0,43 т/га). Минимальный сбор белка (0,37 т/га) получен у сорта Омский топаз.

Основу клейковины составляет глютен, представляющий собой комплекс из глютенина

и глиадина (Зотиков и др., 2015). Определение индекса глютена в зерне выявило четкую сортовую специфику (табл. 4). Индекс глютена в зерне Жемчужина Сибири изменялся в пределах 19,2–23,4 %, у новых сортов он был в 2,3–3,6 раз выше. У сорта Омский топаз индекс глютена варьировал от 68,0 до 76,1 %, у Омского малахита – от 50,2 до 58,4 %. Модификация глютена в зависимости от удобрений отмечалась у обоих новых сортов твердой пшеницы. Максимальный индекс глютена был в варианте основного внесения элементов питания при бинарном сочетании элементов питания ($N_{30}P_{45}$) – 76,1 % у сорта Омский топаз и 58,4 % у сорта Омский малахит.

Таблица 4. Влияние минеральных удобрений на индекс глютена в зерне новых сортов твердой пшеницы, % (в среднем за 2021–2023 гг.)
Table 4. The effect of mineral fertilizers on the gluten index in grain of new durum wheat varieties, % (mean in 2021–2023)

№ п/п	Вариант (В)	Сорта (А)		
		Жемчужина Сибири (st)	Омский топаз	Омский малахит
1	Контроль	21,0	68,0	52,3
2	P_{45}	23,4	74,0	55,6
3	P_{45} + НП N_{30} в колошение	21,8	71,7	50,2
4	N_{30} P_{45}	20,6	76,1	58,4
5	P_{20} в рядки	19,2	70,0	51,1
$HCP_{05} A = 12,2$; $HCP_{05} B = 15,8$; $HCP_{05} AB = 15,8$				

Выявленные закономерности реакции новых сортов твердой пшеницы на изменение условий минерального питания определили разработку нормативных агрохимических параметров для расчета доз удобрений для адаптивной системы удобрения соответствующего сорта. С этой целью нами были рассчитаны коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений (табл. 5).

Установлено, что сорта яровой твердой пшеницы питательные вещества из почвы используют одинаково. КИП азота составил 65–68 %, фосфора – 6–7 % и калия – 12–13 %. А вот в использовании питательных элементов из удобрений проявились сортовые особенности. Ранее в статье мы указывали, что сорт Жемчужина Сибири достаточно хорошо отзывается на удобрение, у этого сорта КИУ азота и фосфора 73 и 14 %, у сорта Омский топаз 73 и 14 %, у сорта Омский малахит 73 и 14 %.

соответственно. У сорта Омский топаз также высокая потребность в азоте, КИУ – 76 %, а КИУ фосфора ниже по сравнению

с сортом St. Омский малахит уступал стандарту по азоту, КИУ азота 62 %.

Таблица 5. Коэффициенты использования питательных элементов из почвы (КИП) и удобрений (КИУ) сортами яровой твердой пшеницы в зависимости от применения удобрений, %

Table 5. Coefficients of utilization of nutrients from soil (NUC) and fertilizers (FUC) by spring durum wheat varieties depending on the use of fertilizers, %

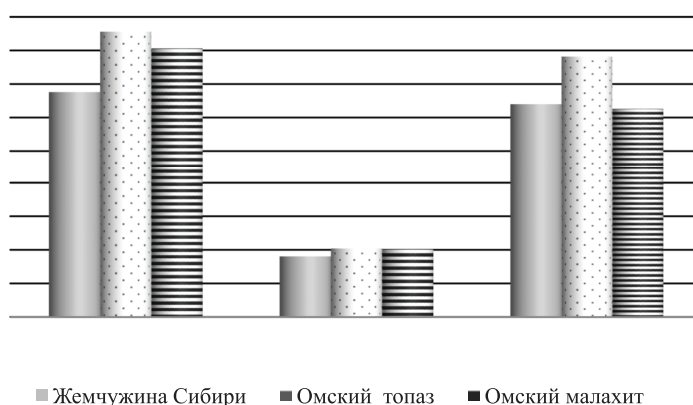
КИ*	Вариант	Жемчужина Сибири			Омский топаз			Омский малахит		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
КИП	Без удобрений	68	6	13	65	7	12	67	7	12
КИУ	Без удобрений	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	P ₄₅		11	–	–	5	–	–	3	–
	N ₃₀ P ₄₅	73	14	–	76	10	–	62	14	–
	P ₂₀ в рядки	–	21	–	–	19	–	–	24	–

Примечание. * – коэффициент использования (КИ).

Известно, что на формирование тонны зерна с соответствующим количеством побочной продукции оказывает влияние весь комплекс экологических факторов. Испытание

новых сортов яровой твердой пшеницы показало, что на создание тонны зерна требовалось на 19–27 % азота больше по сравнению с сортом St (см. рисунок).

расход, кг/т зерна



Сортовая специфика сортов твердой пшеницы расхода NPK на создание 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции
Varietal specificity of NPK consumption to produce 1 t of grain with the corresponding amount of by-products

Расход фосфора варьировал от 9,0 до 10,2 кг/т зерна. Выявлено, что Омский топаз предъявляет повышенные требования к обеспеченности почвы калием, расход 39,1 кг/т, что на 22–26 % больше, чем у остальных сортов. При выращивании культуры на лугово-черноземной почве Омского Прииртышья эта особенность сорта не является лимитируемым фактором, так как почва хорошо обеспечена обменным калием (более 180 мг/кг (по Чирикову)).

Выводы. Новые перспективные сорта твердой пшеницы характеризовались хорошим сочетанием устойчивости к абиотическим условиям (годы исследований были достаточно засушливыми), урожайностью и качеством. Средняя урожайность за годы исследований составила: Омский топаз – 2,48 т/га и 2,65 т/га

у сорта Омский малахит. Установлено, что урожайность новых сортов на 19–27 % ниже, чем у сорта-стандарта Жемчужина Сибири. Наибольшее содержание белка (16,4 %) отмечено у сорта Омский малахит. По индексу глютена новые сорта на 150–224 % превосходили сорт-стандарт. Выявленная сортовая специфика на условия минерального питания определяет разработку адаптивных агротехнологий выращивания новых сортов яровой твердой пшеницы, учитывающая в системе удобрения агрохимические нормативы: вынос, расход элементов питания, КИП и КИУ, установленные в эксперименте.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках государственного задания № FNUN-2025-001.

Библиографический список

1. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Лещенко М. А., Дубинина О. А., Кравченко Н. С., Дерова Т. Г. Состояние и задачи селекции твердой озимой пшеницы в изменяющихся условиях климата // Аграрный вестник Урала. 2015. № 12(142). С. 18–23.
2. Кравченко Н. С., Игнатьева Н. Г., Алты-Садых Ю. Н., Васюшкина Н. Е., Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П. Изучение хлебопекарных свойств сортов озимой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 2. С. 41–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-41-49
3. Мальчиков П. Н., Шаболкина Е. Н., Мясникова М. Г., Пронович Л. В. Качество клейковины сортов яровой твердой пшеницы Самарского НИИСХ и информативность параметров качества // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 6. С. 37–43. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-6-37
4. Садыгова М. К., Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Кириллова Т. В., Филина Д. К. Технологический потенциал зерна яровой твердой пшеницы Саратовской селекции // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51, № 4. С. 759–767. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-759-767
5. Воротынцева М. В. Степень влияния глютенинов на качество зерна как одного из сложных полигенных признаков рода *Triticum* (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182, № 1. С. 168–185. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-168-185
6. Розова М. А., Зиборов А. И., Усенко В. И., Егiazарян Е. Е. Реакция сортов яровой твердой пшеницы на удобрения и нормы высева при возделывании по технологии No-till в степной зоне Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 10. С. 34–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11008
7. Денисов К. Е., Полетаев И. С., Гераскина А. А. Влияние различных схем питания на урожайность яровой твердой пшеницы при разных способах основной обработки почвы // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 10–12. DOI: 10.28983/asj.y2022i5pp10-12
8. Мишустин А. О., Щукин В. Б., Павлова О. Г., Ильясова Н. В. Формирование урожая яровой пшеницы при использовании регуляторов роста и удобрений на основе гуминовых кислот в технологии ее возделывания // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 1(93). С. 9–14. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-9-14
9. Воронкова Н. А., Цыганова Н. А., Балабанова Н. Ф., Волкова В. А., Пахотина И. В. Применение азотных удобрений под яровую пшеницу на лугово-черноземной почве в Омском Прииртышье // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19, № 1. С. 61–75. DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-1-61-75
10. Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Павловская Н. Е., Мальчиков П. Н., Костромичева Е. В., Гагарина И. Н., Костромичева В. А. Перспективы выращивания новых сортов твердой яровой пшеницы в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. № 2(14). С. 52–58.

References

1. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Leshchenko M. A., Dubinina O. A., Kravchenko N. S., Derova T. G. Sostoyaniye i zadachi selektsii tverdoi ozimoi pshenitsy v izmenyayushchikhsya usloviyakh klimata [Status and objectives of winter durum wheat breeding in changing climate conditions] // Agrarnyi vestnik Urala. 2015. № 12(142). S. 18–23.
2. Kravchenko N. S., Ignat'eva N. G., Alty-Sadykh Yu. N., Vasyushkina N. E., Samofalova N. E., Ilichkina N. P. Izuchenie khlebopekarnykh svoistv sortov ozimoi tverdoi pshenitsy [Study of baking properties of winter durum wheat varieties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 2. S. 41–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-41-49
3. Mal'chikov P. N., Shabolkina E. N., Myasnikova M. G., Pronovich L. V. Kachestvo kleikoviny sortov yarovoi tverdoi pshenitsy Samarskogo NIISKh i informativnost' parametrov kachestva [Gluten quality of spring durum wheat varieties of the Samara RIA and informativeness of quality parameters] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37, № 6. S. 37–43. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-6-37
4. Sadygova M. K., Gaponov S. N., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Kirillova T. V., Filina D. K. Tekhnologicheskii potentsial zerna yarovoi tverdoi pshenitsy Saratovskoi selektsii [Technological potential of spring durum wheat grain of Saratov breeding] // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2021. T. 51, № 4. S. 759–767. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-759-767
5. Vorotyntseva M. V. Stepen' vliyaniya glyuteninov na kachestvo zerna kak odnogo iz slozhnykh poligennykh priznakov roda *Triticum* (obzor) [The influence degree of glutenins on grain quality as one of the complex polygenic traits of the genus *Triticum* (review)] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2021. T. 182, № 1. S. 168–185. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-168-185
6. Rozova M. A., Ziborov A. I., Usenko V. I., Egiazaryan E. E. Reaktsiya sortov yarovoi tverdoi pshenitsy na udobreniya i normy vyseva pri vozdeleyvanii po tekhnologii No-till v stepnoi zone Altaiskogo kraia [Response of spring durum wheat varieties to fertilizers and seeding rates during cultivation using no-till technology in the steppe part of the Altai Territory] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 10. S. 34–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11008
7. Denisov K. E., Poletaev I. S., Geraskina A. A. Vliyaniye razlichnykh skhem pitaniya na urozhainost' yarovoi tverdoi pshenitsy pri raznykh sposobakh osnovnoi obrabotki pochvy [The effect of various nutrition schemes on spring durum wheat productivity with different methods of primary tillage] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2022. № 5. S. 10–12. DOI: 10.28983/asj.y2022i5pp10-12
8. Mishustin A. O., Shchukin V. B., Pavlova O. G., Ilyasova N. V. Formirovaniye urozhaya yarovoi pshenitsy pri ispol'zovanii regul'yatorov rosta i udobrenii na osnove guminovykh kislot v tekhnologii ee vozdeleyvaniya [Formation of the spring wheat productivity using growth regulators and fertilizers based on humic acids in the technology of its cultivation] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 1(93). S. 9–14. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-9-14
9. Voronkova N. A., Tsyganova N. A., Balabanova N. F., Volkova V. A., Pakhotina I. V. Primeneniye azotnykh udobrenii pod yarovuyu pshenitsu na lugovo-chernozemnoi pochve v Omskom Priirtysh'e

[Application of nitrogen fertilizers for spring wheat on meadow-chernozem soil in the Omsk Pre-Irtysh region] // Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2024. T. 19, № 1. S. 61–75. DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-1-61-75

10. Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Pavlovskaya N. E., Mal'chikov P. N., Kostromicheva E. V., Gagarina I. N., Kostromicheva V. A. Perspektivy vyrashchivaniya novykh sortov tverdoi yarovoi pshenitsy v usloviyakh Orlovskoi oblasti [Prospects for growing new spring durum wheat varieties in the Oryol region] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2015. № 2(14). S. 52–58.

Поступила: 14.02.25; доработана после рецензирования: 20.03.25; принята к публикации: 21.03.25.

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. Воронкова Н. А. – разработка концепции исследований, планирование главных этапов полевых исследований, анализ полученных данных; Юсов В. С. – обоснование актуальности исследований; Балабанова Н. Ф. – подготовка, сбор, анализ данных; Волкова В. А. – проведение математической обработки.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.14:631.81(470.5)

DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-73-79

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ, СРОКА ПОСЕВА НА ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАЗЫ И ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ ЗАУРАЛЬЯ

М. С. Шмелева, аспирант кафедры землеустройства, земледелия, агрохимии и почвоведения, marina.litvinova19960411@mail.ru, ORCID ID: 0009-0005-6230-9788
Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева – филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Курганский государственный университет»,
641300, Курганская обл., с. Лесниково

Цель исследований – выявить закономерности влияния доз, способов и сроков внесения минеральных удобрений на прохождение фенологических фаз и урожай озимой ржи в условиях Зауралья. Эксперимент проводился на учебно-производственном плодовоовощном участке в 2021–2023 годах. Объект исследования – сорт озимой ржи Памяти Кунакбаева. Посев осуществляли по чистому пару в два срока. При посеве вносили нитроаммофоску в дозах по 30, 60, 90 кг д.в./га. В фазу выхода растений в трубку проводили внекорневую подкормку ЖКУ (N:P 11:37) с нормой расхода 60 л/га. Обработка результатов исследования выполнена по Б. А. Доспехову. Изучались прохождение фенологических фаз растений, структурные параметры и урожайность. Влияние срока посева на прохождение фенологических фаз растений при благоприятных погодных условиях было отмечено только в осенний период. В последующем разницы в развитии посевов не наблюдалось. В 2021/2022 с.-х. году на отдельных вариантах отмечается высокая урожайность на первом сроке посева ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖКУ NP11:37, $N_{90}P_{90}K_{90}$ + ЖКУ NP11:37). В 2022/2023 с.-х. году урожайность была выше на вариантах второго срока посева. В целом за два года исследований наиболее эффективным было внесение основного удобрения в дозе 60 кг д.в./га с применением ЖКУ. Отмечались более высокие показатели по таким элементам структуры урожая, как количество и масса зерен в колосе. Увеличение по сравнению с контролем по данным показателям в среднем за годы исследований составило 8,7 и 0,4 г соответственно. В 2021/2022 с.-х. году данный вариант показал самую высокую урожайность (2,51 т/га) и массу 1000 зерен (41,2 г). В 2022/2023 с.-х. году лучшие показатели отмечены на варианте $N_{90}P_{90}K_{90}$ + ЖКУ NP11:37 с массой 1000 зерен 27,7 г и урожайностью 2,49 т/га.

Ключевые слова: озимая рожь, минеральные удобрения, фенологические фазы, срок посева, структура урожая, урожайность.

Для цитирования: Шмелева М. С. Влияние удобрений, срока посева на фенологические фазы и формирование урожая озимой ржи в условиях Зауралья // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 73–79. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-73-79.



THE EFFECT OF FERTILIZERS, SOWING TIME ON PHENOLOGICAL PHASES AND PRODUCTIVITY FORMATION OF WINTER RYE IN THE ZAURALYE

M. S. Shmeleva, postgraduate student of the department of land management, agriculture, agrochemistry and soil science, marina.litvinova19960411@mail.ru, ORCID ID: 0009-0005-6230-9788
Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, branch
of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kurgan State University»,
641300, Kurgan region, v. of Lesnikovo,

The purpose of the current study was to identify patterns of the effect of doses, methods and terms of mineral fertilizing on the phenological phases and winter rye productivity in the Trans-Urals. The trial was conducted at the educational and production fruit and vegetable plot in 2021–2023. The object of the study was the winter rye variety 'Pamyati Kunakbaeva'. Sowing was laid in weedfree fallow in two stages. During sowing, nitroammophoska was added in doses of 30, 60, 90 kg of active ingredient per ha. At booting stage, there was foliar feeding with 60 l of liquid complex fertilizers (N:P 11:37) per ha. The study results were processed according to B. A. Dospekhov's methodology. There have been studied phenological phases of plants, yield structure parameters and productivity. The effect of the sowing period on phenological phases of plants under favorable weather conditions was established only in the autumn. Subsequently, there was no difference in the development of crops. In 2021/2022 there were obtained high yields in some variants at the first sowing date ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + LCF NP11:37, $N_{90}P_{90}K_{90}$ + LCF NP11:37). In 2022/2023, productivity was higher in the second sowing date variants. In general, over the two years of study, the most efficient was the application of the main fertilizer at a dose of 60 kg active ingredient per ha with the use of LCF. There have been established higher indicators for such yield structure elements as 'number and weight of grains per ear'. The increase of these indicators in comparison with the control amounted to 8.7 and 0.4 g, respectively over the years of study. In 2021/2022 this variant showed the largest productivity (2.51 t/ha) and 1000-grain weight (41.2 g). In 2022/2023, the best indicators were identified in the variant $N_{90}P_{90}K_{90}$ + LCF NP11:37, with 27.7 g of '1000-grain weight' and 2.49 t/ha of productivity.

Keywords: winter rye, mineral fertilizers, phenological phases, sowing time, yield structure, productivity.

Введение. Озимая рожь является одной из ведущих сельскохозяйственных культур в зонах с неблагоприятными природно-климатическими условиями. Она обладает пла-

стичностью и высокой степенью адаптивности, малотребовательна к почвам, относительно морозо- и засухоустойчива. Это обуславливает ее высокий продуктивный потенциал

по сравнению с другими зерновыми культурами (Парфенова и Псарева, 2024).

В Зауралье озимую рожь начали возделывать с XVII века. Она была страховым фондом в тяжелые годы. Посевные площади с этой культурой увеличивались до XVIII века, пока на смену не пришла яровая пшеница (Смирных, 1996).

Вследствие недостаточной изученности в области кормопроизводства и переработки такого зерна посевные площади озимой ржи стали значительно сокращаться. В настоящее время в связи с изменением погодных условий все чаще предпочтение отдается данной культуре (Потапова и др., 2019).

За последние 5 лет в Зауралье наблюдается тенденция к увеличению объемов выращивания озимой ржи. В 2022 г. эта культура была посеяна на площади 19,5 тыс. га, что на 24,2 % больше, чем в 2018 г. (15,7 тыс. га) (Бюллетени о состоянии..., 2024).

Погодные условия во многом определяют урожайность (Набатова и др., 2023; Набатова и др., 2022), и увеличение посевных площадей не всегда ведет к повышению валового сбора зерна. Так, в 2022 г. этот показатель составил 64340 т, а в 2018 г. – 45730 т. В 2021 г. посевная площадь насчитывала 27 тыс. га с валовым сбором 44110 т (Бюллетени о состоянии..., 2024).

Существует ряд факторов, влияющих на развитие озимых культур в Зауралье, – это температурный режим в осенне-зимний и ранневесенний периоды, распределение влаги по определенным фазам развития растений, световой режим, почвенные условия и наличие элементов питания.

Для уменьшения влияния негативных факторов окружающей среды на растения необходимо обеспечить их полноценным питанием. Так как потребление минеральных веществ отличается по фазам развития, то возникает необходимость применять удобрения под основную, предпосевную обработку почвы, при посеве, и в качестве подкормки (Смирных, 1996; Степанов и Каргатова, 2023).

Цель исследований – выявить закономерности влияния доз, способов и сроков внесения минеральных удобрений на прохождение фенологических фаз и урожай озимой ржи в условиях лесостепного Зауралья.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили на учебно-производственном плодовоовощном участке Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т. С. Мальцева – филиале ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет» в 2021–2023 годах. Лабораторные анализы по определению массовой доли нитратного азота в почвенных образцах выполнены в ФГБУ «Государственная станция агрохимической службы «Курганская» ионометрическим методом по ГОСТ 26951-86. Результаты анализа на содержание подвижных форм фосфора и калия получены в агрохимической лаборатории КГСХА имени Т. С. Мальцева по методу Чирикова в модификации ЦИНАО.

В качестве экспериментального материала взят сорт озимой ржи Памяти Кунакбаева (оригинатор ГНУ Башкирский НИИСХ Россельхозакадемии), отличающийся высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью. Он рекомендован для возделывания в Уральском регионе и районирован для условий Зауралья. Учетная площадь деланки 15 м². Посев осуществляли по чистому пару в два срока: в 2022 г. – 30 августа и 9 сентября, в 2023 г. – 29 августа и 9 сентября. Норма высева – 5 млн всхожих семян на га.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный среднесуглинистый. Содержание нитратного азота перед закладкой опыта в первый год исследований было на уровне 12 мг/кг, подвижного фосфора – 65,8 мг/кг, калия – 345 мг/кг. Во второй год после парового предшественника количество нитратного азота составило 51,3 мг/кг, подвижного фосфора – 51,2 мг/кг, калия – 265 мг/кг. Согласно полученным данным, в 2021 г. перед закладкой опыта наблюдалась низкая обеспеченность растений азотом, в то время как во второй год она была высокая. Обеспеченность фосфором на протяжении двух лет исследований характеризовалась как средняя, калием – очень высокая. Обменная кислотность находилась на уровне 5,6 единицы. Содержание гумуса – 5,2 %.

При посеве вносили нитроаммофоску в дозах по 30, 60, 90 кг д.в./га. В фазу выхода растений в трубку проводили внекорневую подкормку жидким комплексным удобрением (N:P 11:37) с нормой расхода 60 л/га. Контрольные варианты – без внесения удобрений. Уборку урожая проводили вручную по методу пробного снопа.

Обработка результатов исследования выполнена с использованием метода дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (2014) при помощи программного обеспечения Microsoft Office Excel.

Погодные условия в период проведения опыта не всегда были благоприятны для развития растений. В первый год исследований вегетационный период (2021–2022 гг.) характеризовался острой засушливостью в первые месяцы после посева. ГТК августа 2021 г. составил 0,3, сентября – 0,1. Температурный режим имел небольшие отклонения от нормы. В весенне-летний период 2022 г. посевы были обеспечены достаточным количеством влаги.

Вегетационный период второго года исследований (2022–2023 гг.) был более благоприятным по погодным условиям в осенний период (ГТК августа 2022 г. – 0,4, сентября – 0,3), однако отмечалась весенняя засуха. Июнь и июль также характеризовались отсутствием достаточного увлажнения.

Результаты и их обсуждение. Растения озимой ржи проходят четыре этапа, характеризующиеся специфическими погодными условиями, – осенний, зимний, весенний и летний. На каждом из них под влиянием генотипа, фак-

торов среды, а также технологии выращивания растения проходят определенные стадии роста и развития (Потапова и др., 2019).

Отклонение температуры и осадков от нормы приводит к ускорению или замедлению роста посевов (рис. 1).

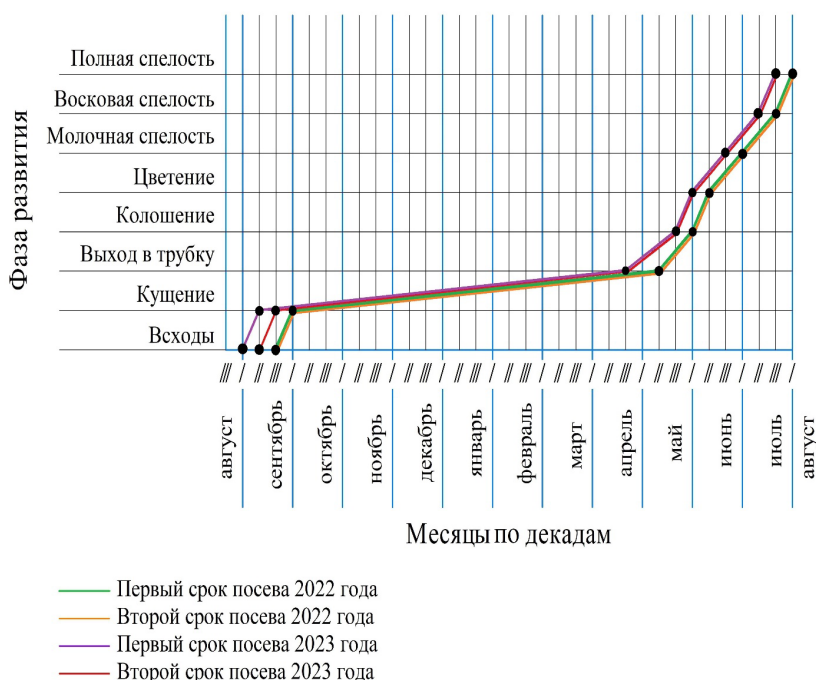


Рис. 1. Прохождение фенологических фаз озимой ржи разных сроков посева в условиях Зауралья
Fig. 1. The phenological phases of winter rye at different sowing dates in the Trans-Urals

Анализируя информацию, приведенную на рисунке 1, можно сделать заключение, что в первый год исследований происходила задержка развития посевов, начиная с осеннего периода. Растениям не хватало влаги, и, как следствие, уменьшалась эффективность внесенных удобрений. В первую очередь это повлияло на действие азота, который в засушливых условиях способен оказывать угнетающее действие или уходить в последствие (Смирных, 1996).

Во второй год исследований появление всходов первого и второго сроков началось спустя неделю после посева. В сентябре в период прорастания зерно было обеспечено необходимой влагой. В этом месяце осадков выпало на 13 % больше нормы. Температура воздуха была выше нормы на 1 °С. Это способствовало активному росту посевов. Закончилась осенняя вегетация во второй декаде октября, когда среднесуточная температура воздуха перешла через 5°С в сторону понижения. В течение зимнего периода угроз для вымерзания посевов не наблюдалось. Температура почвы на глубине узла кущения изменялась от –2,5 до –17,9 °С. Возобновление вегетации произошло в третьей декаде апреля.

Выход в трубку в первый год исследований был во второй декаде мая, в то время как во второй год – в третьей декаде апреля. У посевов 2021/2022 с.-х. года эта фаза прошла несколько быстрее, тем самым компенсируя отставание в росте. В последующие периоды различия в развитии между посевами двух лет состав-

ляла в среднем 10 дней. Уборку и учет урожая в 2022 г. проводили 10 августа.

Посевы 2022/2023 с.-х. года в период выхода в трубку испытывали дефицит влаги. В фазе колошения и цветения в третьей декаде мая и первой декаде июня также отмечался ее недостаток. Температурный фон в мае был повышен на 1,8 °С. Данные погодные условия неблагоприятно сказывались на жизнеспособности пыльцы растений, что могло привести к снижению урожайности (Степанов и Каргатова, 2023). Уборка и учет урожая в 2023 г. проведены 2 августа.

Сроки посева влияли на развитие растений лишь на начальных этапах. Как правило, в осенний период посевы первого срока начинали развитие раньше, тем самым к концу вегетации, перед уходом в зиму, были чуть больше посевов второго срока. Иная ситуация сложилась в 2021/2022 с.-х. году, когда засушливые условия повлияли на всхожесть зерна первого срока посева. Разницы между первым (30 августа) и вторым (9 сентября) сроками посева не было, так как всходы появились одновременно. В 2022 г. появление всходов первого срока посева (29 августа) произошло на неделю раньше, чем второго срока (9 сентября). При возобновлении вегетации в весенний период существенной разницы в развитии растений разных сроков посева не наблюдалось.

Уменьшить воздействие факторов внешней среды и способствовать развитию отдельных компонентов продуктивности можно с помощью агротехнических мероприятий,

в первую очередь путем применения удобрений. Формирующиеся изначально компоненты урожайности оказывают влияние на последующие элементы структуры. Так, прежде

всего происходит формирование количества колосьев, которое зависит от количества растений и их кустистости (рис. 2).

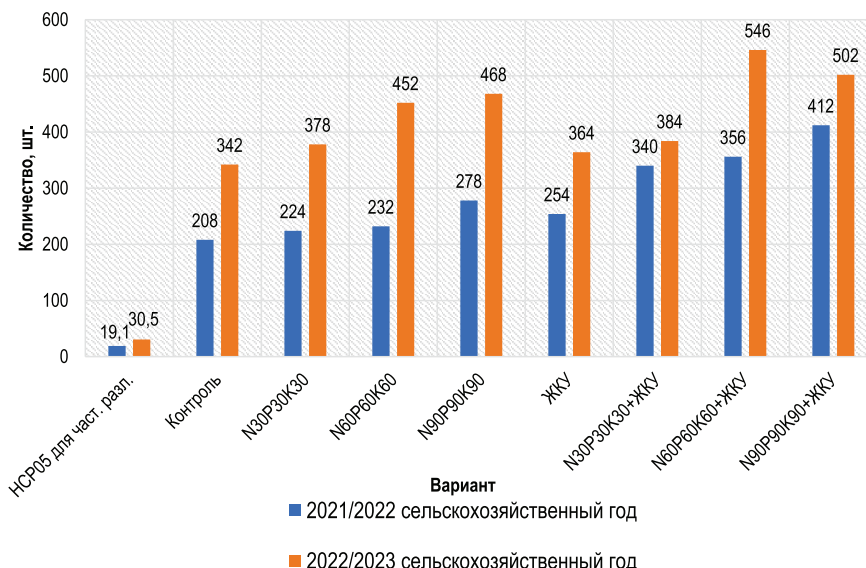


Рис. 2. Количество колосьев в период уборки по вариантам, шт./м² (среднее за годы исследований)
Fig. 2. The number of ears during harvesting according to variants, pcs/m² (average over the years of study)

В связи с более благоприятными погодными условиями в осенний период в 2022/2023 с.-х. году сформировалось больше колосьев на 1 м², чем в 2021/2022 с.-х. году. Наименьшие показатели по данным двух лет исследований у контрольного варианта (208 и 342 шт.). Применение удобрений способствовало увеличению числа колосьев. Наилучшим в 2021/2022 с.-х. году стал вариант N₉₀P₉₀K₉₀ + ЖКУ, в 2023 г. – N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖКУ. Количество колосьев у данных вариантов превосходит контроль на 204 шт. Использование основного удобрения увеличило число колосьев от 8 % (доза по 30 кг д.в./га)

до 37 % (доза по 90 кг д.в./га). В зависимости от погодных условий внекорневая подкормка без применения предпосевного удобрения дает прибавку числа колосьев на 6–22 %.

Одним из основных хозяйственно ценных признаков, определяющих эффективность применяемых агротехнических приемов, является урожайность, которая, в свою очередь, зависит от совокупности элементов продуктивности. В опыте проводился анализ таких показателей, как количество зерен и масса зерна в колосе, длина колоса (табл. 1).

Таблица 1. Влияние минеральных удобрений на структуру урожая озимой ржи (Учебно-производственный плодовоовощной участок Курганской ГСХА имени Т. С. Мальцева, сорт Памяти Кунакбаева)

Table 1. The effect of mineral fertilizers on winter rye yield structure (Educational and production fruit and vegetable section of the Kurgan SAA named after T. S. Maltsev, the variety 'Pamyati Kunakbaev')

Вариант	Количество зерен в колосе, шт.		Среднее	Масса зерна в колосе, г		Среднее	Длина колоса, см		Среднее
	2021/2022 с.-х. год	2022/2023 с.-х. год		2021/2022 с.-х. год	2022/2023 с.-х. год		2021/2022 с.-х. год	2022/2023 с.-х. год	
1 Контроль	41,4	22,4	31,9	1,6	0,5	1,0	9,4	7,9	8,6
2 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	45,5	28,2	36,8	1,8	0,7	1,2	9,9	9,5	9,7
3 N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	49,6	28,1	38,8	1,8	0,6	1,2	9,7	9,5	9,6
4 N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	48,8	27,0	37,9	1,9	0,7	1,3	9,8	9,3	9,5
5 ЖКУ NP 11:37	51,2	27,1	39,1	1,7	0,5	1,1	10,0	8,3	9,1
6 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ +ЖКУ NP 11:37	50,1	27,2	38,6	1,8	0,5	1,1	10,4	8,5	9,4
7 N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +ЖКУ NP 11:37	51,3	29,9	40,6	2,1	0,7	1,4	10,2	8,7	9,4
8 N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +ЖКУ NP 11:37	51,1	29,2	40,1	1,8	0,7	1,2	10,4	9,1	9,7
НСР ₀₅ для частных различий	2,01	1,32	—	0,23	0,18	—	0,19	0,23	—

Исходя из средних значений, наиболее продуктивным вариантом по количеству зе-

рен и массе зерна в колосе стал N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖКУ NP 11:37 (увеличение на 8,7 г и 0,4 г соответ-

ственно по сравнению с контрольными значениями). Что касается длины колоса, то здесь наиболее эффективными оказались варианты $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}+ЖКУ\ NP\ 11:37$, показав увеличение на 1,1 см по сравнению с контролем.

Весенняя засуха 2023 г. оказала влияние на размер колосьев. Их длина варьировала от 7,9 до 9,5 см, в то время как в первый год исследований – от 9,4 до 10,4 см. Внесение удобрений способствует увеличению длины колосьев: в 2021/2022 с.-х. году оно составило от 0,3 до 1,0 см в сравнении с контролем, а в 2022/2023-м – от 0,4 до 1,6 см. Применение жидкого комплексного удобрения в фазу выхода в трубку дает прибавку колосу на 0,4–0,6 см.

В 2021/2022 с.-х. году количество зерен на один колос изменялось по вариантам от 41,4 до 51,3 шт., в 2022/2023 с.-х. году – от 22,4 до 29,9 шт. Отмечено положительное влияние минеральных удобрений на формирование данного показателя. За два года исследований количество зерен с одного колоса увеличивалось от 4,1 до 12,7 шт. в сравнении с контролем. Среднее количество зерен в колосе по вариантам в 2021/2022 с.-х. году на 55,9 % больше, чем в 2022/2023 с.-х. году.

В первый год исследований масса зерна с одного колоса была от 1,6 до 2,1 г, во второй год – от 0,5 до 0,7 г. В 2022/2023 с.-х. году зерно было более мелким. Это сказалось на урожайности и массе 1000 зерен (табл. 2, 3).

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой ржи (Учебно-производственный плодовоовощной участок Курганской ГСХА им. Т.С. Мальцева, сорт Памяти Кунакбаева), т/га
Table 2. The effect of mineral fertilizers on winter rye productivity (Educational and production fruit and vegetable section of the Kurgan SAA named after T.S. Maltsev, the variety 'Pamyati Kunakbaev'), t/ha

Вариант	2021/2022 с.-х. год		Среднее	2022/2023 с.-х. год		Среднее
	Дата посева			Дата посева		
	30.08.21 г.	09.09.21 г.		29.08.22 г.	09.09.22 г.	
1 Контроль	1,60	1,94	1,77	1,41	1,46	1,43
2 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,76	2,13	1,94	1,38	1,66	1,52
3 N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,18	2,11	2,14	1,69	1,85	1,77
4 N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,11	2,18	2,14	1,57	2,11	1,84
5 ЖКУ NP11:37	1,68	2,09	1,88	1,32	1,53	1,42
6 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ +ЖКУ NP11:37	2,29	2,41	2,35	2,18	2,24	2,21
7 N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +ЖКУ NP11:37	2,55	2,47	2,51	1,98	2,64	2,31
8 N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +ЖКУ NP11:37	2,47	2,31	2,39	2,41	2,57	2,49
НСР ₀₅ для частных различий	0,17		–	0,11		–
НСР ₀₅ для фактора А (срок посева)	0,06		–	0,04		–
НСР ₀₅ для фактора В (дозы удобрений)	0,12		–	0,08		–

Значительное влияние на формирование урожайности озимой ржи оказывают минеральные удобрения (Попов и др., 2020; Шайкова и др., 2022; Шишков и др., 2023).

В 2021/2022 с.-х. году прибавка в сравнении с контролем составила от 0,11 т/га (ЖКУ NP11:37) до 0,74 т/га ($N_{60}P_{60}K_{60} + ЖКУ\ NP11:37$), в процентном соотношении это 6 и 42 %. Наилучшим вариантом стал $N_{60}P_{60}K_{60} + ЖКУ\ NP11:37$ с урожайностью 2,51 т/га. Очевидно, что урожайность данного варианта была сформирована за счет массы 1000 зерен, которая была выше, чем у $N_{90}P_{90}K_{90} + ЖКУ\ NP11:37$. При использовании внекорневой подкормки произошло увеличение урожайности в сравнении с вариантами, где применялось только основное удобрение: так, у вариантов $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{30}P_{30}K_{30} + ЖКУ\ NP11:37$ разница составила 21 %, у вариантов $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60} + ЖКУ\ NP11:37$ – 17 %, у вариантов $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{90}P_{90}K_{90} + ЖКУ\ NP11:37$ – 12 %.

В 2022/2023 с.-х. году прибавка в сравнении с контролем составила от 0,09 т/га ($N_{30}P_{30}K_{30}$) до 1,06 т/га ($N_{90}P_{90}K_{90} + ЖКУ\ NP11:37$). В пересчете на проценты это 6–74 %. Наилучшая урожайность у варианта $N_{90}P_{90}K_{90} + ЖКУ\ NP11:37$ (2,49 т/га). Применение внекорневой подкормки увеличило урожайность на 45 % на варианте $N_{30}P_{30}K_{30} + ЖКУ\ NP11:37$ (в сравнении с $N_{30}P_{30}K_{30}$), на 30 % у $N_{60}P_{60}K_{60} + ЖКУ\ NP11:37$ (в сравнении с $N_{60}P_{60}K_{60}$) и на 35 % у $N_{90}P_{90}K_{90} + ЖКУ\ NP11:37$ (в сравнении с $N_{90}P_{90}K_{90}$).

Влияние срока посева на урожайность отмечается на контрольных вариантах с применением ЖКУ NP11:37, $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{30}P_{30}K_{30} + ЖКУ\ NP11:37$. На вторых сроках посева отмечается увеличение урожайности на 0,05–0,41 т/га. В остальных вариантах по годам исследования такой зависимости не выявлено.

Стоит отметить, что эффективность от применения основного удобрения и внекорневой подкормки была выше во второй год исследований.

Таблица 3. Влияние минеральных удобрений на массу 1000 зерен озимой ржи (Учебно-производственный плодовоовощной участок Курганской ГСХА имени Т. С. Мальцева, сорт Памяти Кунакбаева), г
Table 3. The effect of mineral fertilizers on 1000-grain weight of winter rye (Educational and production fruit and vegetable section of the Kurgan SAA named after T.S. Maltsev, the variety 'Pamyati Kunakbaev'), g

Вариант	2021/2022 с.-х. год		Средняя	2022/2023 с.-х. год		Средняя
	дата посева			дата посева		
	30.08.21 г.	09.09.21 г.		29.08.22 г.	09.09.22 г.	
1 Контроль	34,6	30,5	32,5	23,1	21,8	22,4
2 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	35,6	37,2	36,4	22,0	24,6	23,3
3 N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	37,8	38,1	37,9	23,8	25,5	24,6
4 N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	38,9	39,7	39,3	25,3	28,2	26,7
5 ЖКУ NP11:37	35,8	32,2	37,2	21,7	21,8	21,7
6 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ +ЖКУ NP11:37	36,2	38,6	37,4	23,1	24,7	23,9
7 N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +ЖКУ NP11:37	40,3	42,2	41,2	26,0	27,7	26,8
8 N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +ЖКУ NP11:37	35,8	36,1	35,9	27,3	28,1	27,7
HCP ₀₅ для частных различий	0,77	–	0,55	–		
HCP ₀₅ для фактора А (срок посева)	0,27	–	0,20	–		
HCP ₀₅ для фактора В (дозы удобрений)	0,54	–	0,39	–		

В 2021/2022 с.-х. году средняя масса 1000 зерен по вариантам изменялась от 32,5 до 41,2 г, а в 2022/2023 с.-х. году – от 21,7 до 27,7 г. В первый год исследований прибавка в сравнении с контролем была от 3,4 до 8,7 г, во второй год – 0,9–5,3 г. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению данного показателя: самыми эффективными вариантами стали N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖКУ NP11:37 в первый год исследований (41,2 г) и N₉₀P₉₀K₉₀ + ЖКУ NP11:37 во второй год (27,7 г). Таким образом, внесение предпосевного удобрения в первый год увеличивало массу 1000 зерен на 12–21 %, а с внекорневой подкормкой – на 10–27 %. Во второй год увеличение произошло на 4–19 % и 7–24 % соответственно. На поздних сроках посева при внесении удобрений отмечается более высокая масса 1000 зерен. В контрольных вариантах и в вариантах с применением внекорневой подкормки наблюдается увеличение массы 1000 зерен в первый срок посева.

Выводы. В 2021/2022 с.-х. году из-за отсутствия достаточного увлажнения в осенний период у озимой ржи разных сроков посева не наблюдалось различий в прохождении фенологических фаз. В 2022/2023 с.-х. году при благоприятных погодных условиях, напротив, разница в развитии растений была в среднем 10 дней. В весенне-летний период расхождений по прохождению фенологических фаз не выявлено. В 2021/2022 с.-х. году наибольшее число колосьев было у варианта N₉₀P₉₀K₉₀ + ЖКУ NP11:37 (412 шт./м²), а в 2022/2023-м –

у N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖКУ NP11:37 (546 шт./м²). В течение двух лет исследований при внесении удобрений отмечается увеличение длины колосьев на 0,3–1,6 см и количества зерен в колосе на 4,1–9,9 шт. в сравнении с контрольными вариантами. По данным двух лет отмечается влияние срока посева на формирование массы 1000 зерен: на контрольных вариантах масса больше на первом сроке посева, а на фоне применения основного удобрения – на втором (увеличение на 0,3–3,6 г в 2021/2022 с.-х. году, на 0,1–2,6 г в 2022/2023 с.-х. году). Во второй год исследований урожайность по всем вариантам опыта была выше на втором сроке посева. В 2021/2022 с.-х. году на вариантах с применением основного удобрения в дозе 60 кг д.в./га и N₉₀P₉₀K₉₀ + ЖКУ NP11:37 урожайность выше на первом сроке посева. Отмечается, что внесение нитроаммофоски в дозе 60 кг д.в./га с обработкой жидким комплексным удобрением в фазу выхода в трубку оказывало положительное действие на массу зерна и количество зерен в колосе. По результатам 2021/2022 с.-х. года у него выше урожайность (2,51 т/га) и масса 1000 зерен (41,2 г).

Финансирование. Финансирование за счет средств бюджета ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет» (государственное задание №121031600142-5). Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Библиографический список

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии). Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 16.08.2024).
2. Набатова Н. А., Уткина Е. И., Псарева Е. А. Влияние погодных условий на изменчивость селекционно ценных признаков сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 4. С. 549–561. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.549-561
3. Набатова Н. А., Уткина Е. И., Парфенова Е. С., Шамова М. Г., Псарева Е. А., Жукова М. Н. Сравнительная оценка сортов озимой ржи по экологической устойчивости в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 5. С. 655–665. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.5.655-665

4. Парфенова Е. С., Псарева Е. А. Адаптивность сортов озимой ржи по урожайности в условиях Кировской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024. Т. 25, № 4. С. 561–570. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.4.561-570
5. Попов Ф. А., Абашев В. Д., Носкова Е. Н., Светлакова Е. В., Лыскова И. В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. Т. 21, № 5. С. 561–570. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.561-570
6. Потапова Г. Н., Галимов К. А., Зобнина Н. Л. Влияние изменения климата осенью и зимой на возделывание озимой ржи // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33, № 6. С. 18–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10604
7. Смирных, И. Г. Озимые культуры в Зауралье: монография. Курган: ИПП «Зауралье», 1996. 216 с.
8. Степанов С. А., Каргатова А. М. Озимая рожь. Морфолого-анатомические и физиологические аспекты продуктивности. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2023. 212 с.
9. Шайкова Т. В., Дятлова М. В., Волкова Е. С. Потребление и вынос основных элементов минерального питания озимой рожью при внесении комплексных удобрений // *Плодородие*. 2022. № 6. С. 3–7. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.01
10. Шишков Д. Г., Олехов В. Р., Васбиева М. Т. Влияние различных доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность озимой ржи в Среднем Предуралье // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023. Т. 24, № 3. С. 399–408. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.399-408

References

1. Byulleteni o sostoyanii sel'skogo khozyaistva (elektronnye versii). Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Bulletins on the state of agriculture (electronic versions)] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (data obrashcheniya: 16.08.2024).
2. Nabatova N. A., Utkina E. I., Psareva E. A. Vliyanie pogodnykh uslovii na izmenchivost' selektsionno-tsennykh priznakov sortov ozimoi rzh'i v usloviyakh Kirovskoi oblasti [The effect of weather conditions on the variability of valuable breeding traits of winter rye varieties in the Kirov region] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2023. Т. 24, № 4. С. 549–561. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.549-561
3. Nabatova N. A., Utkina E. I., Parfenova E. S., Shamova M. G., Psareva E. A., Zhukova M. N. Sravnitel'naya otsenka sortov ozimoi rzh'i po ekologicheskoi ustoichivosti v usloviyakh Kirovskoi oblasti [Comparative estimation of winter rye varieties for environmental sustainability in the Kirov region] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2022. Т. 23, № 5. С. 655–665. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.5.655-665
4. Parfenova E. S., Psareva E. A. Adaptivnost' sortov ozimoi rzh'i po urozhainosti v usloviyakh Kirovskoi oblasti [Adaptability of winter rye varieties according to productivity in the Kirov region] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2024. Т. 25, № 4. С. 561–570. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.4.561-570
5. Popov F. A., Abashev V. D., Noskova E. N., Svetlakova E. V., Lyskova I. V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo zerna ozimoi rzh'i [The effect of long-term use of mineral fertilizers on productivity and grain quality of winter rye] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020. Т. 21, № 5. С. 561–570. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.561-570
6. Potapova G. N., Galimov K. A., Zobnina N. L. Vliyanie izmeneniya klimata osen'yu i zimoi na vozdel'yvanie ozimoi rzh'i [The impact of climate change in autumn and winter on winter rye cultivation] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019. Т. 33, № 6. С. 18–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10604
7. Smirnykh, I. G. Ozimye kul'tury v Zaural'e: monografiya [Winter crops in the Trans-Urals: monograph]. Kurgan: IPP «Zaural'e», 1996. 216 s.
8. Stepanov S. A., Kargatova A. M. Ozimaya rozh'. Morfologo-anatomicheskie i fiziologicheskie aspekty produktivnosti [Winter rye. Morphological, anatomical and physiological aspects of productivity]. Saratov: Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta, 2023. 212 s.
9. Shaikova T. V., Dyatlova M. V., Volkova E. S. Potreblenie i vynos osnovnykh elementov mineral'nogo pitaniya ozimoi rozh'yu pri vnesenii kompleksnykh udobrenii [Winter rye's consumption and removal of the main elements of mineral nutrition when applying complex fertilizers] // *Plodородие*. 2022. № 6. С. 3–7. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.01
10. Shishkov D. G., Olekhov V. R., Vasbieva M. T. Vliyanie razlichnykh doz i sootnoshenii mineral'nykh udobrenii na urozhainost' ozimoi rzh'i v Srednem Predural'e [The effect of different doses and ratios of mineral fertilizers on winter rye productivity in the Middle Urals] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2023. Т. 24, № 3. С. 399–408. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.399-408

Поступила: 17.02.25; доработана после рецензирования: 04.04.25; принята к публикации: 07.04.25.

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. Шмелева М. С. – закладка полевых опытов и выполнение лабораторных исследований, получение и анализ данных, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.111.1:631.524.86:631.523.11

DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-80-85

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К СЕПТОРИОЗУ (*ZYMOSEPTORIA TRITICI*) ПОЛЕВЫМИ И ЛАБОРАТОРНЫМИ МЕТОДАМИ

О. С. Кононенко, агроном лаборатории иммунитета и защиты растений,
olapavlenko3008@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7012-6440;

Н. В. Шишкин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

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

Н. Т. Купрейшвили, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции,
ORCID ID: 0000-0002-1726-4390

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

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

Для создания высокоурожайных сортов озимой мягкой пшеницы необходимо обращать внимание не только на состояние агрофитоценоза, но также включать в селекционный процесс устойчивые к болезням растения. Одной из самых распространенных болезней в России, в том числе и Ростовской области, является септориоз (*Zymoseptoria tritici*). Сорта и образцы, обладающие несколькими генами устойчивости к септориозу, имеют большое значение для селекции. Исходя из этого, необходимо вести поиск устойчивого к *Zymoseptoria tritici* селекционного материала для создания новых устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы. Цель исследования – идентифицировать устойчивые к септориозу сорта и образцы озимой мягкой пшеницы в полевых условиях с использованием ПЦР-диагностики. Исследования проводили на базе ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в 2020–2022 годах. На инфекционном фоне в годы исследований были проведены полевые оценки 35 образцов по устойчивости озимой мягкой пшеницы к *Z. tritici*. Наибольшее количество устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы к *Z. tritici* наблюдалось в 2022 г. – 5 шт. (14,4 %), это сорта Матрица, Универ, Краса Дона, Гомер (Россия), КВС-Эмиль (Германия). В 2020 г. лишь один сорт проявил устойчивость (поражение 15–20 %) – сорт Астарт (Украина). В 2021 г. было выделено три устойчивых сорта (8,6 %) – СО-911, Франция (поражение 10–15 %), КВС-Эмиль (Германия) и Батя (Россия), поражение 15–20 %. В результате скрининга 35 образцов озимой мягкой пшеницы было выявлено наличие доминантного гена устойчивости Stb4 у сортов ХЕ-9710 (Франция), Матрица, Краса Дона, Вольный Дон, Универ (ФГБНУ «АНЦ «Донской», Россия), КВС-Эмиль (KWS Lochow GmbH, Германия). В результате работы были выделены сорта Матрица, Универ, КВС-Эмиль, ХЕ-9710, которые показали себя как среднеустойчивые и стабильные по годам, устойчивость данных сортов также была подтверждена лабораторными методами. Выделенные сорта рекомендуются для дальнейшего изучения и включения в селекционный процесс.

Ключевые слова: озимая пшеница, устойчивость, восприимчивость, септориоз, stb4, ген.

Для цитирования: Кононенко О. С., Шишкин Н. В., Костылев П. И., Купрейшвили Н. Т. Поиск источников устойчивости озимой мягкой пшеницы к септориозу (*Zymoseptoria tritici*) полевыми и лабораторными методами // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 80–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-80-85.



SEARCH FOR SOURCES OF WINTER COMMON WHEAT RESISTANCE TO SEPTORIA (*ZYMOSEPTORIA TRITICI*) BY FIELD AND LABORATORY METHODS

O. S. Kononenko, agronomist of the laboratory for plant immunity and protection,
olapavlenko3008@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7012-6440;

N. V. Shishkin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

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

N. T. Kupreishvili, technician researcher of the laboratory for marker breeding,
ORCID ID: 0000-0002-1726-4390

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

In order to develop highly productive winter common wheat varieties, it is necessary to pay attention not only to the state of the agrophytocenosis, but also to include disease-resistant plants in the breeding process. One of the most common diseases in Russia, including the Rostov region, is septoria (*Zymoseptoria tritici*). Varieties and samples with several septoria resistant genes are of great importance for breeding. Therefore, it is neces-

sary to search for breeding material resistant to *Zymoseptoria tritici* to develop new resistant winter common wheat varieties. The purpose of the current study was to identify septoria resistant winter common wheat varieties and samples using PCR diagnostics. The study was conducted at the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" (FSBSI "ARC "Donskoy") in 2020–2022. Against the infectious background during the years of study, there were conducted the field estimation of 35 winter common wheat samples for *Z. tritici* resistance. The largest number of winter common wheat varieties resistant to *Z. tritici* with 14.4% damage was established in 2022, these were 5 varieties 'Matriks', 'Univer', 'Krasa Dona', 'Gomer' (Russia), 'KVS-Emil' (Germany). In 2020, only one variety 'Astarta' (Ukraine) showed resistance with 15–20 % damage. In 2021, there were identified 3 resistant varieties (8.6 %) 'SO-911' (France) with 10–15 % damage, 'KVS-Emil' (Germany) and 'Batya' (Russia) with 15–20 % damage. The screening of 35 winter common wheat samples has shown the presence of the dominant resistance gene *Stb4* in the varieties 'XE-9710' (France), 'Matriks', 'Krasa Dona', 'Volny Don', 'Univer' (FSBSI "ARC "Donskoy", Russia), 'KWS-Emil' (KWS Lochow GMBH, Germany). As a result, there have been identified the varieties 'Matriks', 'Univer', 'KVS-Emil', 'XE-9710', which showed themselves to be moderately resistant and stable over the years; the resistance of these varieties was also confirmed by laboratory methods. The identified varieties are recommended for further study and use in the breeding process.

Keywords: winter wheat, resistance, susceptibility, septoria, *stb4*, gene.

Введение. Пшеница занимает лидирующее место среди зерновых культур в Ростовской области, ее посевные площади достигают 2,5 млн/га (Подгорный и др., 2024).

Основным показателем для создания новых сортов является урожайность. Для создания высокоурожайных сортов озимой пшеницы необходимо учитывать состояние агрофитоценоза и зависимость от всех хозяйственно-биологических признаков сорта, включая устойчивость растений к болезням (Кирин и др., 2024). Одной из самых распространенных болезней в Ростовской области является септориоз, в годы эпифитотий потери урожая могут составлять 20–40 % (Бакулина и др., 2020).

Во многих селекционных учреждениях проводятся исследования, которые позволяют выявить образцы, устойчивые к различным грибным и бактериальным заболеваниям, а также изучаются показатели, способные определить качество зерна зерновых культур (Feng et al., 2016; Riaz et al., 2020).

Разработаны стратегии для получения сортов, устойчивых к грибным и бактериальным инфекциям. Они широко используются для создания сортов при помощи переноса генов устойчивости, которые были определены с применением молекулярных маркеров, от близкородственных растений, или от донора к реципиенту (Харина и Шешегова, 2021).

Сорта и образцы, обладающие несколькими генами устойчивости к септориозу, представляют большое значение для селекции. Исходя из этого, необходимо вести поиск устойчивого к *Zymoseptoria tritici* селекционного материала для создания новых устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы.

Для создания таких сортов необходимо использование современных методов молекулярной биологии, включающих в себя применение ПЦР-диагностики.

Так, проявление устойчивости к заболеваниям, основанное на присутствии в генотипе сортов различных генов, контролирующих этот признак – как в единичном виде, так и в комплексе, – может способствовать своевременному и полноценному сбору экологически чистого урожая.

Ген *Stb4* является одним из главных генов устойчивости озимой пшеницы к септориозу. Молекулярный размер целевого ампликона (аллеля устойчивости) для маркера WMS111 составляет 210 пар нуклеотидов. Ампликон размером 150 пар нуклеотидов проявляется как у устойчивых, так и у восприимчивых генотипов (Kildea et al., 2021).

Сочетание полевых исследований с лабораторным использованием молекулярных маркеров является целесообразным и эффективным для селекции на устойчивость к вредным организмам. Цель работы – идентифицировать устойчивые к септориозу сорта и образцы озимой мягкой пшеницы в полевых условиях с использованием ПЦР-диагностики.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на инфекционном поле лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «АНЦ «Донской». Материалом исследования послужили 35 образцов озимой мягкой пшеницы (29 – Россия, 2 – Франция, 2 – Украина, 1 – Германия, 1 – Венгрия), восприимчивым тест-сортом выступал сорт Юмпа (Россия).

Образцы озимой мягкой пшеницы из России были предоставлены четырьмя Федеральными государственными бюджетными научными учреждениями. Основная доля образцов – 72 % (21 шт.) – предоставлена Аграрным научным центром «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской»), 14 % (4 шт.) – Национальным центром зерна имени П.П. Лукьяненко (ФГБНУ «НЗЦ им. П.П. Лукьяненко»), по два сорта – Северо-Кавказским федеральным научным аграрным центром (ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ») и Федеральным ростовским научным центром (ФГБНУ «ФРАНЦ») (рис. 1).

Посев на инфекционном поле проводили ручными сажалками на однорядковых делянках, длина которых составляла 1 пог. м, норма высева семян – 60 шт./пог. м в оптимальные для южной зоны сроки посева.

Объектами исследования стали северокавказская популяция септориоза (*Zymoseptoria tritici* Roberge ex Desm.) и ген устойчивости к септориозу *Stb4*.

Материал для заражения, инфицированный спорами септориоза, собирали весной на рас-

тениях озимой мягкой пшеницы. Из собранного и подсушенного материала готовили водную суспензию спор (концентрация 107 спор/мл), после чего проводили опрыскивание дея-

нок. Учет септориоза выполняли по методике Г. В. Пыжиковой, шкала оценок представлена в таблице 1 (Коломиец и др., 2017; Пыжикова и др., 1988).

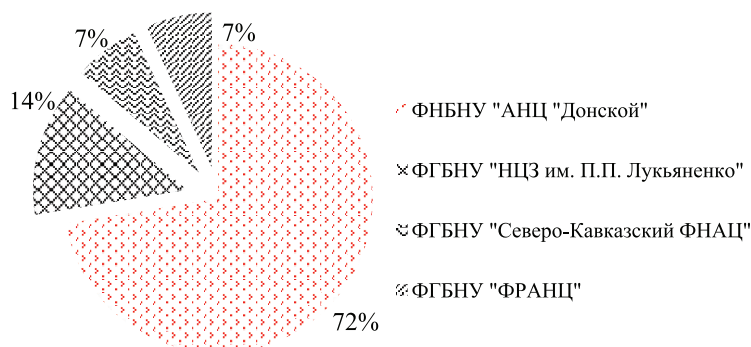


Рис. 1. Распределение образцов озимой мягкой пшеницы по учреждениям России
Fig. 1. Distribution of winter common wheat samples among Russian institutions

Таблица 1. Шкала оценок устойчивости сортов озимой мягкой пшеницы к септориозу. Инфекционные фоны (2020–2022 гг.)

Table 1. Scale for estimating winter common wheat varieties' resistance to septoria. Infection backgrounds (2020–2022)

Устойчивые (У)	0–20 %
Среднеустойчивые (СУ)	20–30 %
Средневосприимчивые (СВ)	30–50 %
Восприимчивые (В)	Свыше 50–100 %

Ген *Stb4* локализован на хромосоме 7D в 0,7 сМ от локуса *Xgwm111*. Источником этого гена устойчивости является сорт *Tadinia*. Для определения данного гена устойчивости использовали SSR-маркер *WMS111* (праймеры: F 5' – TCT GTA GGC TCT CTC CGA CTG – 3'; R 5' – ACC TGA TCA GAT CCC ACT CG – 3') (Adhikari et al., 2004).

Условия ПЦР и состав реакционной смеси для амплификации образцов озимой пшеницы при идентификации генов устойчивости к септориозу:

– условия ПЦР – 94 °C – 3 мин, 44 цикла (94 °C – 1 мин, 55 °C – 1 мин, 72 °C – 2 мин), 72 °C – 7 мин;

– состав реакционной смеси – 25 мкл реакционной смеси: геномная ДНК – 2 мкл; 10хPCR буфер – 2,5 мкл; $MgCl_2$ (25mM) – 2 мкл; смесь dNTPs (20mM) – 1,25 мкл; по 2 мкл каждого праймера (10 pmol); Taq-полимераза (5 U) – 0,2 мкл; деионизированная вода – 13,05 мкл (Adhikari et al., 2004).

Погодные условия за годы исследований в период вегетации озимой пшеницы значительно различались по степени влияния на степень поражения септориозом.

Весна 2020 г. характеризовалась теплой погодой и значительным недобором осадков в первые два месяца. За весну выпало 98,1 мм, что меньше среднемесячной нормы на 32,9 мм. Среднесуточная температура воздуха за весну находилась на одном уровне со среднемесячными показателями. В мае наблюдалось

хорошее проявление септориоза, поражение восприимчивого тест-сорта в этот период достигало 60–80 %. В первом месяце лета наблюдалась жаркая и сухая погода, что впоследствии привело к приостановлению болезни.

Показатели температурного режима весны 2021 г. были выше среднемесячных данных. Осадки также превышали средние многолетние показатели по месяцам в 2–3 раза (в марте – 83,2 мм, апреле – 95,7 мм, мае – 65,0 мм, июне – 103,9 мм, тогда как среднемесячные показатели, составляли 37,0; 42,7; 51,3; и 71,3 мм соответственно). Восприимчивый тест-сорт имел высокое поражение патогеном (60–80 %).

Весна 2022 г. характеризовалась обильными осадками (125,5 % от нормы), превышающими среднемесячные значения. Температурный же режим находился в пределах среднемесячных показателей. Такие погодные условия способствовали развитию септориоза на озимой мягкой пшенице. Восприимчивый тест-сорт в 2022 г. имел максимальное поражение (100 %) по изученным годам.

Результаты и их обсуждение. По результатам полевых оценок было определено, что большая часть сортов по годам относилась к средневосприимчивой группе. Это сорта Танаис, Амбар, Регион 161, Армада, Юка, Губернатор Дона (Россия) и Чорнява (Украина). В 2020 г. процент средневосприимчивых сортов составил 45,7, в 2021-м – 54,3, в 2022-м – 40,0 (данные представлены на рис. 2).

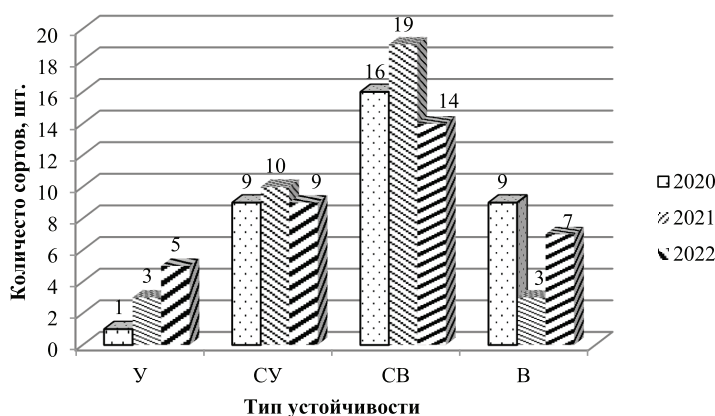


Рис. 2. Распределение образцов по типу устойчивости к септориозу (2020–2022 гг.)

Fig. 2. Distribution of samples according to a septoria resistance type (2020–2022)

Наибольшее количество устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы к *Z. tritici* наблюдалось в 2022 г. – 5 шт. (14,4 %), это сорта Матрица, Универ, Краса Дона, Гомер (Россия), КВС-Эмиль (Германия). В 2020 г. лишь один сорт проявил устойчивость (поражение 15–20 %) – сорт Астарта (Украина). В 2021 г. было выделено 3 устойчивых сорта (8,6 %) – СО-911, Франция (поражение 10–15 %), КВС-Эмиль, Германия и Батя, Россия (поражение 15–20 %).

Сортов озимой пшеницы, проявивших восприимчивость по годам, нами было отмечено: в 2020 г. – 9 (25,7 %), среди них сорта Донская степь, Краса Дона (Россия), MV-15-04 (Венгрия) и др. (поражение 50–60 %), максимальное поражение (60–80 %) было у сорта Акапелла (Россия); в 2021 г. – 3 (8,6 %), это сорта Подарок Крыму, Вольница, Акапелла (Россия) (пора-

жение 50–60 %); в 2022 г. – 7 (20 %), это сорта Полина, Вольный Дон (Россия), Чорнява (Украина) и др. (поражение 50–60 %).

В результате скрининга нами было выявлено 6 сортов озимой пшеницы с функциональным аллелем гена устойчивости *Stb4* к септориозу из 35 изученных – ХЕ-9710 – дорожка на электрофореграмме №2 (Франция), Матрица – дорожка №5, Краса Дона – дорожка №12, Вольный Дон – дорожка №15, Универ – дорожка №18 (ФГБНУ «АНЦ «Донской», Россия), КВС-Эмиль – дорожка №10 (KWS Lochow GmbH, Германия) (рис. 3). Это 17 % сортов от общего количества изученных. Основная масса сортов и образцов озимой пшеницы обладала рецессивными аллелями гена устойчивости *Stb4* – 85,7 %.

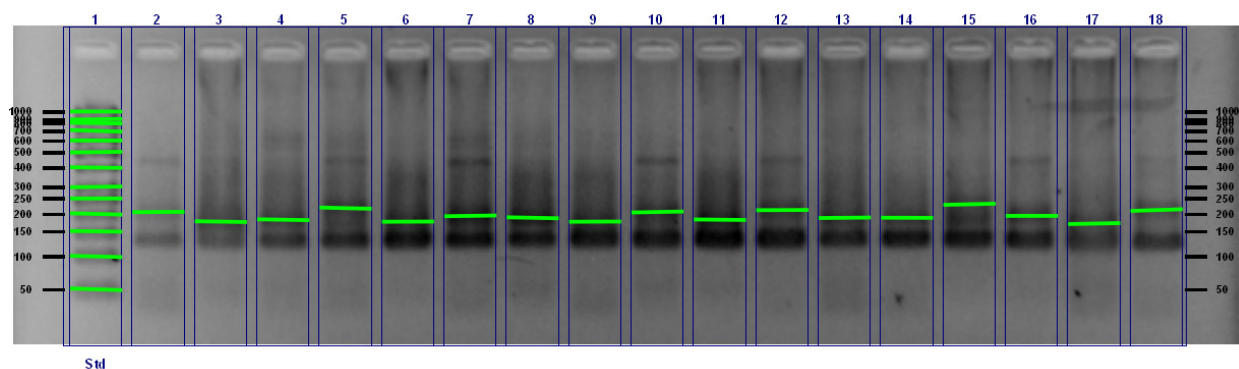


Рис. 3. Идентификация гена *Stb4* с использованием молекулярного маркера WMS111:

- 1 – маркер молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50+ bp (100–1000 п.н.); 2 – ХЕ-9710 (Франция); 3 – MV-15-04 (Венгрия); 4 – 595/13; 5 – Матрица; 6 – Зерноградка 11; 7 – Премьера (Россия); 8 – СО-911 (Франция); 9 – Губернатор Дона (Россия); 10 – КВС-Эмиль (Германия); 11 – Золотой колос; 12 – Краса Дона; 13 – Юбилей Дона; 14 – Рубин Дона; 15 – Вольный Дон; 16 – Вольница; 17 – Подарок Крыму; 18 – Универ (Россия)

Fig. 3. Identification of the gene *Stb4* with the use of the molecular marker WMS111:

- 1 – Molecular weight marker Thermo Scientific GeneRuler 50+ bp (100–1000 p.n.); 2 – ХЕ-9710 (France); 3 – MV-15-04 (Hungary); 4 – 595/13; 5 – Матрикс; 6 – Zernogradka 11; 7 – Premiera (Russia); 8 – СО-911 (France); 9 – Губернатор Дона (Russia); 10 – KVS-Emil (Germany); 11 – Zolotoy kolos; 12 – Krasa Dona; 13 – Yubiley Dona; 14 – Rubin Dona; 15 – Volny Don; 16 – Volnitsa; 17 – Podarok Krymu; 18 – Univer (Russia)

Проанализировав данные, полученные в полевых и лабораторных условиях, была составлена таблица выделившихся сортов (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика выделенных сортов и образцов озимой мягкой пшеницы по устойчивости к септориозу (2020–2022 гг.)
Table 2. Characteristics of the identified of winter common wheat varieties and samples according to septoria resistance (2020–2022)

Сорт	Страна происхождения	Год			Stb4
		2020	2021	2022	
Восприимчивый тест-сорт Юмпа	Россия	60–80	60–80	80–100	–
Матрица	Россия	20–30	20–30	15–20	+
Универ	Россия	20–30	20–30	10–15	+
Краса Дона	Россия	30–40	30–40	15–20	+
Вольный Дон	Россия	40–50	40–50	40–50	+
595/13	Россия	20–30	20–30	20–30	–
Шеф	Россия	20–30	30–40	20–30	–
Золотой колос	Россия	20–30	20–30	20–30	–
СО-911	Франция	20–30	10–15	20–30	–
Астарт	Украина	15–20	20–30	20–30	–
КВС-Эмиль	Германия	20–30	15–20	15–20	+
ХЕ-9710	Франция	20–30	40–50	20–30	+

Ген устойчивости к септориозу Stb4 идентифицирован у 6 сортов озимой мягкой пшеницы, из них только 4 сорта имели полевые оценки, характеризующие данные сорта как устойчивые и среднеустойчивые. Это может свидетельствовать о наличии в данных сортах других генов устойчивости к септориозу. Выделенные сорта озимой мягкой пшеницы, которые несут данный ген устойчивости к *Zymoseptoria tritici*, можно рекомендовать для дальнейшего использования в скрещивании как родительские формы в селекционной практике на устойчивость к септориозу для пирамидирования генов устойчивости.

Также были выделены сорта озимой пшеницы Шеф, Золотой колос, СО-911, Астарт и линия (595/13), в которых не был обнаружен доминантный ген устойчивости Stb4 к септори-

озу, но они проявили себя по годам как среднеустойчивые к данному патогену и их также можно рекомендовать в селекционные программы по иммунитету.

Выводы. В результате работы были выделены сорта Матрица, Универ (Россия), КВС-Эмиль (Германия), ХЕ-9710 (Франция), которые показали себя как среднеустойчивые и стабильные по годам, устойчивость данных сортов также была подтверждена лабораторными методами. Выделившиеся сорта рекомендуются для дальнейшего изучения и включения в селекционный процесс.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0706-2019-0003 и № 0505-2022-0003.

Библиографический список

1. Бакулина А. В., Харина А. В., Широких А. А. Септориоз листьев и колоса пшеницы: генетический контроль устойчивости хозяина (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 26–35. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-2-026-035
2. Кирил А. В., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Рыбась И. А., Зеленская Г. М. Формирование урожайности и элементов структуры сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику горох в условиях ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 3. С. 33–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-33-39
3. Коломиец Т. М., Пахолкова Е. В., Дубовая Л. П. Отбор исходного материала для создания сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу. Методические рекомендации. М.: Печатный город, 2017. 56 с.
4. Подгорный С. В., Скрипка О. В., Самофалов А. П. Селекция сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного типа в АНЦ «Донской». В книге: Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий // Сборник материалов V международной научно-практической конференции. Луганск, 2024. С. 36–39.
5. Пыжикова Г. В., Санин С. С., Санина А. А. Диагностика, учет и защитные мероприятия против септориоза пшеницы. Рекомендации. М.: Агропромиздат, 1988. 55 с.
6. Харина А. В., Шешегова Т. К. Поиск устойчивого к септориозу исходного материала яровой мягкой пшеницы и анализ наследования признака // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(2). С. 212–222. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.212-222
7. Adhikari T. B., Cavaletto J. R., Dubcovsky J., Gieco J. O., Schlatter A. R., Goodwin S. B. Molecular mapping of the Stb4 gene for resistance to Septoria tritici blotch in wheat // Phytopathology. 2004. Vol. 94(11). P. 1198–1206. DOI: 10.1094/phyto.2004.94.11.1198
8. Feng Y., Zhao Y., Wang K., Li Y. C., Wang X., Yin J. Identification of vernalization responsive genes in the winter wheat cultivar Jing841 by transcriptome sequencing // Journal of Genetics. 2016. Vol. 95(4), P. 957–964. DOI: 10.1007/s12041-016-0724-0
9. Kildea S., Sheppard L., Cucak M., Hutton F. Detection of virulence to septoria tritici blotch (STB) resistance conferred by the winter wheat cultivar Cougar in the Irish Zymoseptoria tritici population and potential implications for STB control // Plant Pathology. 2021. Vol. 1–11, DOI: 10.1111/ppa.13432

10. Riaz A., KockAppelgren P., Hehir J. G., Kang J., Meade F., Cockram J., Byrne S. Genetic Analysis Using a Multi-Parent Wheat Population Identifies Novel Sources of Septoria Tritici Blotch Resistance // *Genes*. 2020. Vol. 11(8), Article number: 887. DOI: 10.3390/genes11080887

References

1. Bakulina A. V., Kharina A. V., Shirokikh A. A. Septorioz list'ev i kolosa pshenitsy: geneticheskii kontrol' ustoichivosti khozyaina (obzor) [Wheat leaf and ear blotch: genetic control of host resistance (review)] // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2020. № 2. S. 26–35. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-2-026-035
2. Kirin A. V., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Rybas' I. A., Zelenskaya G. M. Formirovanie urozhainosti i elementov struktury sortov ozimoi myagkoi pshenitsy po predshestvenniku gorokh v usloviyakh FGBNU «ANTs «Donskoi» [Formation of yield and its structural elements of winter common wheat varieties sown after peas in the conditions of the FSBSI «ARC «Donskoy»] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2024. T. 16, № 3. S. 33–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-33-39
3. Kolomiets T. M., Pakholkova E. V., Dubovaya L. P. Otbor iskhodnogo materiala dlya sozdaniya sortov pshenitsy s dlitel'noi ustoichivost'yu k septoriozu [Selection of source material for developing wheat varieties with long-term resistance to blotch]. *Metodicheskie rekomendatsii*. M.: Pechatnyi gorod, 2017. 56 s.
4. Podgornyi S. V., Skripka O. V., Samofalov A. P. Seleksiya sortov ozimoi myagkoi pshenitsy intensivnogo tipa v ANTs «Donskoi». V knige: *Agrarnaya nauka v obespechenii prodovol'stvennoi bezopasnosti i razvitiu sel'skikh territorii* [Breeding of winter common wheat varieties of intensive type in the ARC «Donskoy»] // *Sbornik materialov V mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Lugansk, 2024. S. 36–39.
5. Pyzhikova G. V., Sanin S. S., Sanina A. A. Diagnostika, uchet i zashchitnye meropriyatiya protiv septorioza pshenitsy [Diagnostics, recording and protective measures against wheat leaf blotch]. *Rekomendatsii*. M.: Agropromizdat, 1988. 55 s.
6. Kharina A. V., Sheshhegova T. K. Poisk ustoichivogo k septoriozu iskhodnogo materiala yarovoi myagkoi pshenitsy i analiz nasledovaniya priznaka [Search for initial material of spring common wheat resistant to blotch and analysis of inheritance of the trait] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2021. № 22(2). S. 212–222. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.212-222
7. Adhikari T. B., Cavaletto J. R., Dubcovsky J., Gieco J. O., Schlatter A. R., Goodwin S. B. Molecular mapping of the Stb4 gene for resistance to Septoria tritici blotch in wheat // *Phytopathology*. 2004. Vol. 94(11). P. 1198–1206. DOI: 10.1094/phyto.2004.94.11.1198
8. Feng Y., Zhao Y., Wang K., Li Y. C., Wang X., Yin J. Identification of vernalization responsive genes in the winter wheat cultivar Jing841 by transcriptome sequencing // *Journal of Genetics*. 2016. Vol. 95(4), P. 957–964. DOI: 10.1007/s12041-016-0724-0
9. Kildea S., Sheppard L., Cucak M., Hutton F. Detection of virulence to septoria tritici blotch (STB) resistance conferred by the winter wheat cultivar Cougar in the Irish Zymoseptoria tritici population and potential implications for STB control // *Plant Pathology*. 2021. Vol. 1–11, DOI: 10.1111/ppa.13432
10. Riaz A., KockAppelgren P., Hehir J. G., Kang J., Meade F., Cockram J., Byrne S. Genetic Analysis Using a Multi-Parent Wheat Population Identifies Novel Sources of Septoria Tritici Blotch Resistance // *Genes*. 2020. Vol. 11(8), Article number: 887. DOI: 10.3390/genes11080887

Поступила: 22.01.25; доработана после рецензирования: 05.03.25; принята к публикации: 06.03.25.

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. Кононенко О. С. – концептуализация и проектирование исследования, закладка опыта, фенологические наблюдения, выполнение лабораторных опытов; Кононенко О. С., Шишкин Н. В. – анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Костылев П. И. – критический анализ текста; Купрейшвили Н. Т. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ НОВОХИЗОЛЯ НА СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Е. А. Орлова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генофонда растений, Orlova.lena10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X;

Н. П. Бехтольд¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории генофонда растений, telichkinanina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7281-9280;

А. Б. Щербань², доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией инновационных средств защиты растений, atos@bionet.nsc.ru, ORCID ID: 0000-0003-1000-8228;

В. В. Фоменко³, кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории физиологически активных веществ, chemistnsk@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1827-3309

¹Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН,

630501, НСО, г. Новосибирск, р.п. Краснообск, С-200, зд. 5, а/я 375;

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН), 630090, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д. 10;

³Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Новосибирский институт органической химии имени Н. Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук» (НIOХ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д. 9

Цель работы – выявить эффективность новых биологических комплексных препаратов, созданных на основе новохизоля (НВХЗ) с добавлением хитозана и экстракта коры сосны сибирской (ЭКСС), в защите яровой мягкой пшеницы от корневых гнилей и облигатных патогенов (мучнистая роса, бурая ржавчина) в условиях лесостепи Приобья, а также установить их влияние на элементы урожая. Опыты закладывали на поле СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН (Новосибирск) в 2023–2024 гг. на сорте яровой пшеницы Новосибирская 29. Способ применения препаратов – предпосевная обработка семян и обработка вегетирующих растений. Отмечена эффективность НВХЗ+ЭКСС в отношении обыкновенной корневой гнили. Развитие заболевания на корнях в среднем за два года снизилось с 21,5 до 3,95 %, биологическая эффективность препарата составила 81,7 %. Установлено, что применение биологических препаратов по вегетирующим растениям сильнее снижало поражение растений облигатными патогенами, чем предпосевное протравливание семян. Обработка семян препаратами способствовала увеличению высоты растений на 8,7 % в варианте НВХЗ + хитозан и на 6,8 % в варианте НВХЗ+ЭКСС, длины корней – на 36,3 (НВХЗ+ хитозан), на 22% (НВХЗ+ЭКСС) и биомассы растений на 17,6 %. Выявлено положительное влияние композиций Новохизоля на формирование продуктивных стеблей, длины главного колоса, количество зерновок в главном колосе, зерен с растения. Установлено и статистически доказано положительное влияние испытываемых препаратов на урожайность. В среднем за годы исследований продуктивность растений в вариантах с биологическими препаратами превысила контрольные значения в 1,2 раза.

Ключевые слова биопрепараты, хитозан, новохизоль, корневая гниль, яровая пшеница, урожайность.

Для цитирования: Орлова Е.А., Бехтольд Н. П., Щербань А. Б., Фоменко В. В. Влияние новых биологических препаратов на основе новохизоля на состояние посевов мягкой яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 86–93. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-86-93.



THE EFFECT OF NEW BIOLOGICAL PRODUCTS BASED ON NOVOCHIZOL ON THE CONDITION OF SPRING COMMON WHEAT CROPS

E. A. Orlova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant gene pool, Orlova.lena10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X;

N. P. Bekhtold¹, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for plant gene pool, telichkinanina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7281-9280;

A. B. Shcherban², Doctor of Biological Sciences, leading researcher, head of the laboratory for innovative plant protection methods, atos@bionet.nsc.ru, ORCID ID: 0000-0003-1000-8228;

V. V. Fomenko³, Candidate of Chemical Sciences, researcher of the physiologically active substances, chemistnsk@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1827-3309

¹Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS, 630501, Russia, Novosibirsk region, v. of Krasnoobsk, S-200 Str., building 5, PO Box 375; e-mail: sibniirs@bk.ru;

²Federal Research Center "Institute of Cytology and Genetics",
Siberian branch of the Russian Academy of Sciences
(FRC "Institute of Cytology and Genetics", Siberian branch of RAS
630090, Russia, Novosibirsk, Prospekt Lavrentyeva, 10;

³FSBSI "N.N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry", Siberian branch of RAS
630090, Russia, Novosibirsk, Prospekt Lavrentyeva, 9

The purpose of the current work was to identify the efficiency of new biological complex products prepared on the basis of Novokhizol (NVKhZ) with chitosan and Siberian pine bark extract (SPBE) in protecting spring common wheat from root rot and obligate pathogens (powdery mildew, brown rust) in the forest-steppe of the Ob region, and also to establish their effect on yield elements. The trials were carried out with the spring wheat variety 'Novosibirskaya 29' in the field of SibNIISR – branch of the ICG SB of RAS (Novosibirsk) in 2023–2024. The method of application of the products was pre-sowing seed treatment and treatment of vegetative plants. There has been established an efficiency of NVKhZ + SPBE against common root rot. The development of the disease on the roots on average over two years decreased from 21.5 to 3.95 %, the biological efficiency of the product was 81.7 %. There has been found that the use of biological products on vegetative plants reduced the damage of plants by obligate pathogens more than pre-sowing seed treatment. Seed treatment with products contributed to an increase in plant height by 8.7 % with NVKhZ + Chitosan and by 6.8 % with NVKhZ + SPBE, root length by 36.3 % with NVH + Chitosan, by 22 % with NVKhZ + SPBE and plant biomass by 17.6 %. There has been found a positive effect of Novochizol compositions on the formation of productive stems, a length of the main spike, a number of kernels per main spike, and kernels per plant. There has been established and statistically proved a positive effect of the tested products on crop yields. On average, over the years of study, plant productivity in variants with biological products has exceeded control values by 1.2 times.

Keywords: bioproducts, chitosan, novochizol, root rot, spring wheat, productivity.

Введение. Яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – одна из основных продовольственных зерновых культур АПК России. Традиционно ее возделывание основывается на широком применении минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Использование пестицидов обеспечивает оперативное ограничение численности вредных организмов, но вместе с тем приводит к нарушению экологического равновесия в агроценозах. В последние годы для возделывания сельскохозяйственных культур разрабатываются экологически безопасные ресурсосберегающие технологии, основанные на принципе усиления врожденных механизмов защиты растений от вредных организмов под влиянием биопрепаратов. Во всем мире в настоящее время в биологизированных системах защиты растений успешно ведутся исследования по применению препаратов – индукторов болезнеустойчивости на основе хитозана. Так, в работах Francesconi S. et al. (2020) отмечено, что хитозан и наночастицы хитозана снижают рост и распространение гриба *Fusarium graminearum* и его микотоксинов. Mohsen M. E. et al. (2022) установили влияние наночастиц хитозана и салициловой кислоты (СК) на снижение прорастания урединоспор *Puccinia triticina*, а также на увеличение активности ферментов пероксидазы и каталазы, что приводило к снижению поражения растений пшеницы бурой ржавчиной.

Комплексы хитозанов, включающие янтарную, глутаминовую, салициловую кислоту, существенно снижали поражение пшеницы бурой ржавчиной, септориозно-пиренофорозной пятнистостью, мучнистой росой (Колесников и др., 2022). Сотрудниками ВНИИЗР установлено, что хитозан, содержащий ионно-связанную салициловую кислоту, повышает устойчивость пшеницы к биотрофу *Puccinia recondita* и гембиотрофу *Cohliobolus sativus*, тогда как Хит-Ванилин эффективно индуцирует устойчивость

только к гембиотрофу *C. sativus* (Попова и др., 2021).

Несмотря на значительное число положительных эффектов хитозана в отношении контроля заболеваний растений, в настоящее время его применение в чистом виде ограничено из-за недостаточной эффективности, повышение которой достигается за счет его химической модификации, влияющей на физические свойства препарата (Щербань, 2023). Новохизоль – производное хитозана, имеет ряд преимуществ: повышенную химическую стабильность, растворимость и адгезию, низкую степень биodeградации (www.novochizol.ch). В отличие от хитозана, который является линейным полимером, новохизоль имеет шаровидную, почти сферическую форму благодаря внутримолекулярному сшиванию. Такая молекулярная структура позволяет новохизолю удерживать различные активные вещества и медленно высвобождать их, что обеспечивает значительное уменьшение концентраций последних (Terlyakova et al., 2022). Однако работ по изучению влияния новохизоля и его комплексов с биологически активными веществами (БАВ) на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы недостаточно. Учитывая это, нами были проведены исследования, цель которых заключалась в выявлении эффективности новых биологических препаратов, созданных на основе новохизоля, в защите яровой мягкой пшеницы от корневых гнилей и облигатных патогенов (мучнистая роса, бурая ржавчина) в условиях лесостепи Приобья и установлении их влияния на элементы структуры урожая.

Материалы и методы исследований. Научные исследования были проведены в 2023–2024 гг. в полевых условиях СибНИИРС – филиала Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск). Полевые эксперименты закладывали на изолированном фитопатологическом участке. Почвы участ-

ка представлены черноземом выщелоченным среднемогучим малогумусным среднесуглинистым. Содержание гумуса составляет 4,2 %, валового фосфора – 0,30 %, общего азота – 0,34 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 29 и 13 мг/100г почвы, климатические условия типичные для лесостепной зоны Западной Сибири. Опыты размещали по паровому предшественнику. Для оценки эффективности изучаемых препаратов использовали восприимчивый к болезням сорт яровой пшеницы сибирской селекции Новосибирская 29. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки (в 2023 г. – 16 мая, в 2024 г. – 18 мая) селекционной сеялкой ССФК-7, норма высева – 6 млн семян/га. Обработка почвы: ранневесеннее боронование, предпосевная культивация, внесение азотных удобрений (аммофос в дозе 100 кг/га), прикатывание до и после посева. Площадь опытных делянок 2,2 м², расположение последовательное, повторность 3-кратная.

Схема полевых опытов предусматривала следующие варианты.

1. Предпосевное протравливание семян – контроль (без обработки); химический протравитель семян трехкомпонентный инсектофунгицид Селес Топ КС, норма расхода препарата – 1,2 л/т; новохиноль 1 % + хитозан 1 %; новохиноль 2,0 % + экстракт коры сосны сибирской 0,7 %. Препараты перед применением разводили в 16 раз водой, норма расхода препаратов – 10 л/т.

2. Опрыскивание вегетирующих растений – контроль (вода); химический фунгицид Абакус Ультра, СЭ, норма расхода рабочей жидкости – 300 л/га; новохиноль 1 % + хитозан 1 %; новохиноль 2,0 % + экстракт коры сосны сибирской 0,7 %, разведение 1:16, норма расхода рабочей жидкости при опрыскивании растений – 150 мл/м².

Получение экстракта коры сосны сибирской (ЭККС) (*Pinus sibirica* R. Mayr.) проводили экстракцией коры этиловым спиртом с последующей отмывкой от липидов метил-трет-бутиловым эфиром (МТБЭ). 1000 г воздушно-сухой измельченной коры *P. sibirica* экстрагировали 95%-м этанолом в аппарате Сокслета в течение 15 ч. Спиртовой экстракт отфильтровывали и упаривали. Получили около 263 г смолоподобного экстракта, затвердевающего при охлаждении в холодильнике. Экстракт дробили на частицы 1–10 мм и обрабатывали 1 л МТБЭ перемешиванием при комнатной температуре в течение 5 ч на магнитной мешалке. Экстракт сливали и отбрасывали, а с твердым остатком процедуру повторяли 2 раза. Остаток, после высушивания от следов МТБЭ, массой 68 г представляет порошок кремового цвета, содержащий по данным ВЭЖХ (высокоэффектив-

ная жидкостная хроматография) резвератрол (7 %), резвератролозид (27 %), пиностильбен (10 %), пиностильбенонзид (34 %) и минорные примеси (в сумме 22 %). Из полученного экстракта готовили насыщенный раствор в этаноле, который использовали для приготовления препаратов.

Для приготовления комплексных препаратов новохиноля использовали хитозан производства ChitoClear® cg1600 Product Code 42040 (Исландия), выделенный из экзоскелета креветки *Pandalus borealis*, и новохиноль (предоставлен компанией NOVOCHIZOL SA, Monthey, Switzerland (www.novochizol.ch). Водную суспензию новохиноля получали растворением янтарной кислоты (500 мг на 100 мл стерильной воды), постепенным добавлением новохиноля (1000 мг на 100 мл раствора янтарной кислоты) под ультразвуковым воздействием в течение одного часа, используя ультразвуковой аппарат модели UZTA-0,4/22-OM (U-sonic, www.u-sonic.com) на максимальной мощности. С целью компенсации потерь на испарение в процессе ультразвуковой обработки довели раствор до начального объема дистиллированной водой, в результате чего получали 2 %-й раствор новохиноля.

Препарат с добавлением хитозана получали путем введения препарата новохиноль с ЭККС при ультразвуковой обработке в раствор хитозана с последующим доведением объема препарата до требуемого дистиллированной водой. Разбавление всех испытуемых препаратов производили непосредственно перед проведением экспериментов.

Обработку вегетирующих растений испытуемыми препаратами проводили вручную аккумуляторным опрыскивателем USB Garden Sprayer GS811 до появления на растениях мелкодисперсионных капель в фазы кушения и кошения. Спустя 24 ч после обработки проводили инокуляцию растений суспензией спор мучнистой росы и бурой ржавчины, которую готовили путем смыва спор с пораженных листьев растений. Заражение проводили в ранние утренние часы, пока температура воздуха не превышала 20 °С. Для оценки интенсивности поражения растений бурой ржавчиной использовали шкалу Петерсона (1948); оценку поражения мучнистой росой выполняли согласно методическим рекомендациям под редакцией Е. Е. Радченко (2008).

В качестве показателя, характеризующего влияние хитозановых комплексов на специфическую устойчивость растений, использовали критерий скорости нарастания развития болезни (площадь под кривой развития болезни (ПКРБ)), выраженную в условных единицах. ПКРБ рассчитывали по формуле:

$$S = 0,5x(X_1 + X_2)(t_2 - t_1) + \dots 0,5x(X_{n-1} + X_n)(t_n - t_{n-1}),$$

где S – площадь под кривой развития болезни; X₁ – развитие болезни на момент первого учета; X₂ – развитие болезни на момент второго учета; X_n – развитие болезни на момент по-

следнего учета; t₂–t₁ – количество дней между последним и предпоследним учетом; n – количество учетов.

Учеты на поражение растений листостеблевыми болезнями проводили в динамике, первый – через десять дней после инокуляции, два последующих – с интервалом в 7–10 дней. Степень поражения растений корневыми гнилями определяли в фазы кущения и колошения согласно принятым методикам. Одновременно проводили измерение таких показателей, как количество и длина зародышевых корней, длина проростка, высота растений, продуктивная кустистость, площадь флагового листа. При определении структуры урожая учитывали количество продуктивных стеблей на м², длину главного колоса, число колосков в колосе, массу зерна с растения, массу 1000 зерен. Учет продуктивности пшеницы проводили путем обмола колосьев комбайном Сампо-130, урожай приводили к 100 %-й чистоте и 14 %-й влажности. Для обработки статистических данных использовали пакет программ SNEDEKOR.

Метеоусловия в период проводимых исследований существенно различались по годам. Вегетационный период 2023 г. характеризовался как недостаточно увлажненный (ГТК = 0,98), с повышенной теплообеспеченностью. В мае наблюдалась очень сильная засуха (ГТК = 0,08), за весь месяц на фитопатологическом участке прошел один дождь – 19 мая, выпало 4 мм осадков. Всего за сезон (с мая по август) выпавшее количество осадков составило 204 мм, из них 173,8 мм пришлось на третью декаду июля и 2–3-ю декады августа. Средние температуры воздуха по месяцам составили 11,8; 19,0; 21,6 и 17,8 °С. Характерной особенностью вегетационного периода 2024 г. было избыточное увлажнение (ГТК = 1,91) и высокие температу-

ры воздуха. Сумма осадков за сезон составила 396 мм, что выше среднемноголетних в 1,7 раза, в мае выпало 69,8 мм, в июне – 113 мм, июле – 80,5 мм и в августе – 132,7 мм. Среднесуточная температура воздуха в мае была 11,9; июне – 17,6; июле – 19,5 и в августе – 16,9 °С.

Результаты и их обсуждение. Многочисленными исследованиями установлено, что с помощью биологически активных веществ (БАВ) можно активизировать генетический потенциал защитных реакций растений, поэтому для повышения эффективности препаратов новохизоля в их состав были включены такие БАВ, как хитозан и экстракт коры сосны сибирской. Известно, что хитозан индуцирует защитные реакции растений против патогенных микроорганизмов (Новикова и др., 2023, Mawale and Giridhar, 2023). Полифенольные соединения, содержащиеся в экстракте коры сосны сибирской, также обладают широким антимикробным действием (Теребова и др., 2024).

Проведенные исследования испытуемых препаратов показали их эффективность против комплекса грибных патогенов, вызывающих корневые гнили. Анализ полученных данных в фазу кущения показал, что препараты новохизоля по эффективности не уступают химическому эталону Селес Топ КС. Максимальную эффективность в отношении обыкновенной корневой гнили показал биопрепарат в композиции с экстрактом коры сосны сибирской, снизив развитие заболевания на корнях в среднем за два года с 21,5 до 3,95 %, биологическая эффективность препарата составила 81,7, химического эталона Селес Топ – 72,3 % (табл. 1).

Таблица 1. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы композициями новохизоля на развитие и распространенность обыкновенной корневой гнили
Table 1. The effect of pre-sowing treatment of spring wheat seeds with Novokhizol compositions on the development and spread of common root rot

Вариант	Развитие болезни, %			Распространенность болезни (2023–2024 гг.)	Биологическая эффективность
	2023 г.	2024 г.	среднее 2023–2024 гг.		
фаза кущения					
Контроль	24,9	18,1	21,5	93,5	–
Селес Топ КС	5,4	6,5	5,95	78,9	72,3
НВХЗ+хитозан	8,0	6,0	6,8	74,5	68,4
НВХЗ+ЭКСС	4,9	3,1	3,95	72,0	81,7
НСР ₀₅	4,3976	4,2270	–	–	–
фаза колошения					
Контроль	22,1	31,6	26,9	100	–
Селес Топ КС	7,5	15,8	11,7	100	56,5
НВХЗ+хитозан	14,1	19,2	16,7	100	37,9
НВХЗ+ЭКСС	11,7	15,2	13,5	100	49,8
НСР ₀₅	6,829	6,8047	–	–	–

В фазу колошения фунгицидное действие биопрепаратов уменьшилось, оздоровительный эффект был выше при использовании химического контроля Селес Топ КС. Развитие заболевания в вариантах с биологическими препаратами НВХЗ+хитозан и НВХЗ+ЭКСС было

ниже относительно контроля в 1,6–2,0 раза соответственно. Биологическая эффективность в варианте с ЭКСС была выше, чем у новохизоля с добавлением хитозана, и составила в среднем за два года 49,8 % (табл. 1).

Положительное влияние препаратов на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в отношении облигатных патогенов отмечали только в первый учет через 10 дней после искусственной инокуляции растений. В дальнейшем, начиная со второго учета, во всех вариантах с биологическими препаратами отмечали постепенное нарастание болезни. Несмотря на то что листья растений к третьему учету были поражены возбудителями мучнистой росы и бурой ржавчины, оценка интенсивности поражения растений, проведенная в динамике, позволила выявить различия между развитием болезней в вариантах с биопрепаратами и контрольными растениями (табл. 2). Для понимания неспецифического действия препаратов на возбудителей болезни применяли показатель площади под кривой развития болезни (ПКРБ). Как видно из таблицы 2, био-

логические препараты независимо от способа их применения снижали ПКРБ по мучнистой росе и бурой ржавчине. Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что на улучшение фитосанитарного состояния посевов против листостеблевых облигатных патогенов максимальное влияние оказал прием опрыскивания вегетирующих растений. Так, в опыте с предпосевной обработкой семян ПКРБ по мучнистой росе в вариантах с биологическими препаратами составила 27,5 (НВХЗ+хитозан) и 22,5 у.е. (НВХЗ+ЭКСС), при опрыскивании растений – 16,7–19,2 у.е. соответственно. Такую же реакцию отмечали и по влиянию препаратов на бурую ржавчину, ПКРБ в первом опыте составила в вариантах НВХЗ+хитозан и НВХЗ+ЭКСС – 51,7–51,3 у.е., в опыте 2 – 46,2–44,7 у.е., в контроле – 70,8 (опыт 1) – 72,7 у.е. (опыт 2) (табл. 2).

Таблица 2. Влияние биопродуктов на интенсивность нарастания и степень поражения мучнистой росой и бурой ржавчиной в посевах яровой пшеницы Новосибирская 29
Table 2. The effect of bioproducts on growth intensity and damage degree by powdery mildew and brown rust in the spring wheat 'Novosibirskaya 29'

Вариант	Площадь под кривой развития болезни, ПКРБ, у.е.		Интенсивность развития болезни ИРБ, % (последний учет)	
	мучнистая роса	бурая ржавчина	мучнистая роса*	бурая ржавчина**
предпосевная обработка семян				
Контроль	31	27,4	68,3	70,8
Селес Топ КС	28,5	12,0	50,7	43,8
НВХЗ + хитозан	27,5	17,7	51,3	51,7
НВХЗ + ЭКСС	22,5	17,1	48,3	51,3
опрыскивание посевов композициями новохизоля				
Контроль	29,0	26,1	67	72,7
Абакус У	5,0	0	18,3	0
НВХЗ + хитозан	16,7	13,3	28,3	46,2
НВХЗ + ЭКСС	19,2	13,1	31,7	44,7

Примечание. * – HCP_{05} по фактору А (способ обработки) – 4,124; по фактору В (варианты) – 5,832; частные средние – 8,248. ** – HCP_{05} по фактору А (способ обработки) – 2,222; по фактору В (варианты) – 3,143; частные средние – 4,445.

На основании измерений, проведенных в фазы кущения и колошения, установлено стимулирующее действие препаратов на ростовые показатели пшеницы. Обработка семян композициями новохизоля оказала положительное влияние: на высоту растений на 8,7 % в вариан-

те НВХЗ+хитозан и на 6,8 % в варианте НВХЗ+ЭКСС; на длину корней на 36,3 (НВХЗ+хитозан), на 22 % (НВХЗ+ЭКСС); на биомассу растений на 17,6 %. Химический эталон Селес Топ увеличивал эти показатели на 8,9; 17,1 и 15,3 % соответственно (см. табл. 3).

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки семян испытываемыми препаратами на ростовые показатели растений в фазу кущения (среднее за 2023–2024 гг.)
Table 3. The effect of pre-sowing treatment of seeds with test preparations on plant growth during the tillering phase (average for 2023–2024)

Вариант	Высота растений, мм	Длина корней, мм	Воздушно-сухая биомасса растений, г/100 раст.
Контроль	209,5	67,2	8,5
Селес Топ КС	228,1	78,7	9,8
НВХЗ + хитозан	227,8	91,6	10
НВХЗ + ЭКСС	223,8	82,0	10,1
HCP_{05}	12,335	7,0852	0,5945

Положительное влияние препаратов на морфометрические показатели растений подтвердилось и в фазу колошения (табл. 4).

В это же время отмечали различия по эффективности действия препаратов на пшеницу в зависимости от способа их применения.

Достоверное влияние на продуктивную ку-
стистость и биомассу растений оказал прием
опрыскивания растений. Увеличение высоты

растений и площади флагового листа не завис-
ло от способа применения композиций ново-
хизоля (табл. 4).

**Таблица 4. Влияние испытуемых препаратов на ростовые показатели растений
в фазу колошения (среднее за 2023–2024 гг.)**

**Table 4. The effect of tested products on the plant growth indicators
in a heading stage (mean in 2023–2024)**

Вариант	Высота главного стебля, см	Площадь флаг-листа, см ²	Продуктивная кустистость	Воздушно-сухая биомасса растений, г/100 раст.
предпосевная обработка семян				
Контроль	90,5	25,3	1,4	74,1
Селес Топ КС	102,1	34,6	2,1	106,0
НВХЗ + хитозан	100,7	34,7	2,1	99,9
НВХЗ + ЭКСС	101,2	33,6	1,8	96,5
опрыскивание вегетирующих растений				
Контроль	91,0	27,8	1,7	75,7
Абакус У	103,3	33,3	2,5	119,5
НВХЗ + хитозан	98,7	32,2	2,1	100,1
НВХЗ + ЭКСС	100,7	33,4	2,1	97,8
НСР ₀₅ фактор А (способ обработки)	1,884	1,242	0,200	3,054
фактор В (варианты)	2,664	1,757	0,283	4,319
Частные средние	3,768	2,485	0,400	6,108

Анализ элементов структуры урожая позво-
лил установить положительное влияние био-
препаратов на формирование продуктивных
стеблей в сравнении с контролем и химически-
ми препаратами Селес Топ и Абакус. Было отме-
чено, что максимально этот признак проявился
в композиции с хитозаном при опрыскивании
растений (в среднем за 2 года 437,6 шт./м²,
в 2023 г. – 448,6 шт./м²) и с ЭКСС при протравли-
вании семян (в среднем 416,0 шт./м², в 2023 г. –
437,5 шт./м²) (табл. 5). Также испытуемые пре-
параты увеличивали длину главного колоса
в среднем в 1,1 раза в сравнении с контролем.
Известно, что число колосков в колосе ока-
зывает положительное влияние на потенци-
альную продуктивность сорта при условии,
что озерненность колоса будет максимальной.
Экспериментальные препараты увеличивали

количество зерновок в главном колосе и вы-
ход зерна с растения на уровне химических эта-
лонов Селес Топ КС и Абакус У. Положительное
влияние на массу 1000 зерен отмечали в недо-
статочно увлажненном 2023 г. – крупность зерна
в вариантах с использованием препаратов пре-
вышала контрольные значения на 5 %. Во влаж-
ном 2024 г. масса 1000 зерен во всех вариантах
опытов была на уровне контроля. Установлено
и статистически доказано положительное влия-
ние испытуемых препаратов на урожайность.
В среднем за годы исследований продуктив-
ность растений в вариантах с биологическими
препаратами превысила контрольные значе-
ния в 1,2 раза. Наиболее выраженным влияни-
ем в 2024 г. обладал НВХЗ + ЭКСС, прибавка уро-
жая при использовании его в качестве защиты
семян в этот год составила 0,9 т/га.

**Таблица 5. Влияние испытуемых препаратов на ростовые и продуктивные показатели
растений яровой пшеницы Новосибирская 29 (среднее за 2023–2024 гг.)**

**Table 5. The effect of the tested products on the growth and productivity indicators
of the spring wheat 'Novosibirskaya 29' (mean in 2023–2024)**

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Длина главного колоса, см	Количество зерновок в главном колосе, шт./колос	Количество зерен с растения, шт./растение	Масса 1000 зерен, г	Урожай, т/га
предпосевная обработка семян						
Контроль	346,9	7,7	11,9	37,1	32,6	3,4
Селес Топ КС	375,0	8,6	13,0	39,7	34,2	4,15
НВХЗ + хитозан	404,9	8,3	12,5	37,9	33,6	4,0
НВХЗ + ЭКСС	416,0	8,5	12,7	39,3	34,03	4,2
опрыскивание вегетирующих растений						
Контроль	350,7	7,8	11,8	36,7	32,27	3,5
Абакус У	423,0	8,4	12,6	39,8	33,1	4,5
НВХЗ + хитозан	437,6	8,1	12,3	39,2	33,1	4,1
НВХЗ + ЭКСС	422,9	8,3	12,3	38,7	33,2	4,1
НСР ₀₅ фактор А (способ обработки)	10,42	0,141	0,276	1,045	0,391	0,208
фактор В (варианты)	14,74	0,195	0,390	1,477	0,552	0,294
Частные средние	20,85	0,282	0,552	2,089	0,781	0,415

Выводы. Изучаемые препараты на основе новохинола независимо от способа их применения оказали положительное влияние на оптимизацию условий для роста и развития растений на всех этапах онтогенеза. НВХ3+ЭКСС снижал развитие корневых гнилей в фазу кущения в 5,4 раза, а в фазу колошения – в 2,0 раза. Отмечено, что экспериментальные препараты способствуют снижению поражения пшеницы облигатными патогенами – мучнистой росой и бурой ржавчиной. Установлено стимулирующее влияние препаратов на площадь

флаг-листа, высоту растений, длину главного колоса в сравнении с контролем. Наиболее выраженным действием на формирование продуктивного стеблестоя обладал НВХ3+хитозан при опрыскивании растений – 437,6 шт./м²; в контроле – 350,7 шт./м². Предпосевная обработка семян НВХ3+хитозан позволила увеличить урожайность пшеницы на 17,6, а НВХ3+ЭКСС – на 23,5%.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ 23-16-00119.

Библиографический список

1. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие под редакцией Е. Е. Радченко. М., 2008. 416 с.
2. Колесников Л. Е., Попова Э. В., Новикова И. И., Колесникова Ю. Р., Балагурова Е. Д. Применение хитозана в защите пшеницы от болезней и повышении урожайности // Прикладная биохимия и микробиология. 2022. Т. 58, № 3. С. 294–301. DOI: 10.31857/S0555109922030072
3. Новикова И. И., Попова Э. В., Колесников Л. Е., Колесникова Ю. Р., Чекурова С. С. Устойчивость к болезням, продуктивность и содержание фотосинтетических пигментов в листьях яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) под влиянием полифункциональных биопрепаратов и комплексов на основе микроорганизмов и хитозана // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58, № 1. С. 158–183. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.158
4. Попова Э. В., Домнина Н. С., Сокорнова С. В., Коваленко Н. М., Тютюрев С. Л. Инновационные гибридные иммуномодуляторы растений на основе хитозана и биоактивных антиоксидантов и прооксидантов // Сельскохозяйственная биология. Т. 56, № 1. 2021. С. 158–170. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.158
5. Теребова Е. Н., Орешникова Н. В., Павлова М. А., Стародубцева А. А. Использование коры сосны обыкновенной и шунгитовой крошки для выращивания овса посевного (*Avena sativa* L.) в закрытом грунте // Лесной вестник. 2024. Т. 28, № 2. С. 55–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-55-69
6. Щербань А. Б. Хитозан и его производные как перспективные средства защиты растений // Вавилонский журнал генетики и селекции. 2023. № 27(8). С. 1010–1021. DOI: 10.18699/VJGB-23-116
7. Francesconi S., Steiner B., Buerstmayr H., Lemmens M., Sulyok M., Balestra G. M. Chitosan Hydrochloride Decreases *Fusarium graminearum* Growth and Virulence and Boosts Growth, Development and Systemic Acquired Resistance in Two Durum Wheat Genotypes // Molecules. 2020. Vol. 25, Article number: 4752. DOI: 10.3390/molecules25204752
8. Mawale K. S., Giridhar P. Chitosan nanoparticles modulate plant growth, and yield, as well as thrips infestation in *Capsicum* spp. // International Journal of Biological Macromolecules. 2024. Vol. 254, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127682
9. Mohsen M. E., Reda I. O., Yasser S. M., Saad A. A., Mohamed H., Sulaiman A., Abdelmonim Al. A. Mechanism of Wheat Leaf Rust Control Using Chitosan Nanoparticles and Salicylic Acid // Journal of Fungi. 2022. Vol. 8(3), Article number: 304. DOI: 10.3390/jof8030304
10. Teplyakova O. I., Fomenko V. V., Salakhutdinov N. F., Vlasenko N. G. NovoChizol™ Seed Treatment: Effects on Germination, Growth and Development in Soft Spring Wheat Natural Products. // Chemistry & Research. 2022. Vol. 10(5). P. 1–4. DOI: 10.35248/naturalproducts.10.5.104

Reference

1. Izuchenie geneticheskikh resursov zernovykh kul'tur po ustoichivosti k vrednym organizmam. Metodicheskoe posobie pod redaktsiei E. E. Radchenko [Study of genetic resources of grain crops according to pest resistance]. M., 2008. 416 s.
2. Kolesnikov L. E., Popova E. V., Novikova I. I., Kolesnikova Yu. R., Balagurova E. D. Primenenie khitozana v zashchite pshenitsy ot boleznei i povyshenii urozhainosti [Application of chitosan in protecting wheat from diseases and for improving productivity] // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2022. T. 58, № 3. S. 294–301. DOI: 10.31857/S0555109922030072
3. Novikova I. I., Popova E. V., Kolesnikov L. E., Kolesnikova Yu. R., Cheкурова S. S. Ustoichivost' k boleznyam, produktivnost' i sodержание fotosinteticheskikh pigmentov v list'yakh yarovoi myagkoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) pod vliyaniem polifunktsional'nykh biopreparatov i kompleksov na osnove mikroorganizmov i khitozana [Disease resistance, productivity and photosynthetic pigments in leaves of spring common wheat (*Triticum aestivum* L.) under the effect of multifunctional biopreparations and complexes based on microorganisms and chitosan] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2023. T. 58, № 1. S. 158–183. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.158
4. Popova E. V., Domnina N. S., Sokornova S. V., Kovalenko N. M., Tyuterev S. L. Innovatsionnye gibridnye immunomodulyatory rastenii na osnove khitozana i bioaktivnykh antioksidantov i prooksidantov [Innovative hybrid immunomodulators of plants based on chitosan and bioactive antioxidants and prooxidants] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. T. 56, № 1. 2021. S. 158–170. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.158
5. Terebova E. N., Oreshnikova N. V., Pavlova M. A., Starodubtseva A. A. Ispol'zovanie kory sosny obyknovennoi i shungitovoi kroschki dlya vyrashchivaniya ovsa posevnogo (*Avena sativa* L.) v zakrytom grunte [Use of pine bark and shungite chips for growing oats (*Avena sativa* L.) in closed ground] // Lesnoi vestnik. 2024. T. 28, № 2. S. 55–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-55-69

6. Shcherban' A. B. Khitozan i ego proizvodnye kak perspektivnye sredstva zashchity rastenii // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii [Chitosan and its derivatives as promising plant protection products]. 2023. № 27(8). S. 1010–1021. DOI: 10.18699/VJGB-23-116
7. Francesconi S., Steiner B., Buerstmayr H., Lemmens M., Sulyok M., Balestra G. M. Chitosan Hydrochloride Decreases *Fusarium graminearum* Growth and Virulence and Boosts Growth, Development and Systemic Acquired Resistance in Two Durum Wheat Genotypes // *Molecules*. 2020. Vol. 25, Article number: 4752. DOI: 10.3390/molecules25204752
8. Mawale K. S., Giridhar P. Chitosan nanoparticles modulate plant growth, and yield, as well as thrips infestation in *Capsicum* spp. // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024. Vol. 254, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127682
9. Mohsen M. E., Reda I. O., Yasser S. M., Saad A. A., Mohamed H., Sulaiman A., Abdelmonim Al. A. Mechanism of Wheat Leaf Rust Control Using Chitosan Nanoparticles and Salicylic Acid // *Journal of Fungi*. 2022. Vol. 8(3), Article number: 304. DOI: 10.3390/jof8030304
10. Teplyakova O. I., Fomenko V. V., Salakhutdinov N. F., Vlasenko N. G. Novochizol™ Seed Treatment: Effects on Germination, Growth and Development in Soft Spring Wheat Natural Products. // *Chemistry & Research*. 2022. Vol. 10(5). P. 1–4. DOI: 10.35248/naturalproducts.10.5.104

Поступила: 22.01.25; доработана после рецензирования: 11.02.25; принята к публикации: 11.02.25.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Орлова Е. А. – выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Бехтольд Н. П. – выполнение полевых опытов, сбор данных; Щербань А. Б., Фоменко В. В. – концептуализация исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВИРУС ПОЛОСАТОЙ МОЗАИКИ ПШЕНИЦЫ (*TRITIMOVIRUS TRITICI*) – РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ НА ПШЕНИЦЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫЯВЛЕННЫХ ИЗОЛЯТОВ

Ю. Н. Приходько, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии, prihodko_yuri59@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-9176-407X;

Т. С. Живаева, научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии, zhivaeva.vniikr@mail.ru, ORCID ID: 0009-0008-8312-2666;

Е. Н. Лозовая, научный сотрудник отдела аспирантуры, evgeniyaf@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8612-5127;

И. Г. Башкирова, кандидат биологических наук, научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии, bashkirova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9014-4179;

Е. В. Каримова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии, elenavkar@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6474-8913;

А. А. Калашников, младший научный сотрудник лаборатории «Государственная коллекция карантинных организмов», andreysm.uch@mail.ru, ORCID ID: 0009-0007-8827-4792;

Ю. А. Шнейдер, кандидат биологических наук, начальник научно-методического отдела вирусологии, ведущий научный сотрудник, yury.shneyder@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7565-1241
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский центр карантина растений»,
140150, Московская обл., г.о. Раменский, р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32

Пшеница является ведущей сельскохозяйственной культурой и широко культивируется в Российской Федерации. Один из наиболее вредоносных патогенов этой культуры – вирус полосатой мозаики пшеницы (*Tritimovirus tritici*, Wheat streak mosaic virus, WSMV), способный вызывать значительные потери урожая, достигающие 100 %. Целью проводимых исследований являлись определение распространенности WSMV в посевах пшеницы в различных регионах Российской Федерации и анализ генетических особенностей у изолятов этого вируса, выявленных на территории Краснодарского края. Идентификацию WSMV в отобранных образцах растений пшеницы проводили методом ИФА с тест-системами ведущих фирм-производителей и методом ПЦР с видоспецифичными праймерами. Полученные продукты амплификации подвергали секвенированию. По результатам проведенных обследований в 2024 г. установлена широкая распространенность WSMV в нескольких субъектах Российской Федерации, что не наблюдалось в 2021–2023 годах. Встречаемость этого вируса в образцах из Ставропольского, Краснодарского края, Республики Крым и Волгоградской области составила соответственно 100, 45,4, 41,7 и 30,4 %. Установлено доминирующее распространение на территории Краснодарского края изолятов этого вируса, относящихся к штамму WSMV-B. По последовательности нуклеотидов в генах 6K1 и CI подавляющее большинство этих изолятов характеризуются высокой идентичностью с достаточно узкой группой изолятов штамма WSMV-B, распространенных в Австрии, Германии, Польше, Украине, Турции, Чехии, Франции и США. Наиболее высокая идентичность имела место для изолятов S34Edirne из Турции, DSMZ PV-0356 из Украины и Sze из Польши, то есть из стран, достаточно близко расположенных к границам Российской Федерации. Выявлено также два изолята WSMV с более высокой идентичностью к штамму WSMV-D, чем к штамму WSMV-B. Наличие достаточно высокой генетической вариативности у выявленных изолятов свидетельствует о неоднократных случаях инвазии WSMV на территорию Краснодарского края из нескольких независимых источников.

Ключевые слова: *Wheat streak mosaic virus, WSMV, ИФА, ПЦР, филогенетический анализ.*

Для цитирования: Приходько Ю. Н., Живаева Т. С., Лозовая Е. Н., Башкирова И. Г., Каримова Е. В., Калашников А. А., Шнейдер Ю. А. Вирус полосатой мозаики пшеницы (*Tritimovirus tritici*) – распространенность на пшенице в Российской Федерации и генетические особенности выявленных изолятов // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 94–102. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-94-102.



PREVALENCE OF WHEAT STREAK MOSAIC RYMOVIRUS (*TRITIMOVIRUS TRITICI*) ON WHEAT IN THE RUSSIAN FEDERATION AND GENETIC CHARACTERISTICS OF IDENTIFIED ISOLATES

Yu. N. Prihodko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the research and methodological department of virology, prihodko_yuri59@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-9176-407X;

T. S. Zhivaeva, researcher of the research and methodological department of virology, zhivaeva.vniikr@mail.ru, ORCID ID: 0009-0008-8312-2666;

E. N. Lozovaya, researcher of the post graduate department, evgeniyaf@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8612-5127;

I. G. Bashkirova, Candidate of Biological Sciences, researcher of the research and methodological department of virology, bashkirova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9014-4179;

E. V. Karimova, Candidate of Biological Sciences, head of the research and methodological department of virology and bacteriology, senior researcher, elenavkar@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6474-8913;

A. A. Kalashnikov, junior researcher of the laboratory "State collection of quarantine organisms", andreysm.uch@mail.ru, ORCID ID: 0009-0007-8827-4792;

Yu. A. Shneider, Candidate of Biological Sciences, head of the research and methodological department of virology, leading researcher, e-mail: yury.shneyder@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7565-1241.

Federal State Budgetary Institution "All-Russian Center for Plant Quarantine" (FGBU "VNIIPK"), 140150, Moscow region, Ramenskoye district, Bykovo, Pogranichnaya Str., 32

Wheat is the leading agricultural crop and is widely cultivated in the Russian Federation. One of the most harmful pathogens of this crop is the wheat streak mosaic rymovirus (*Tritimovirus tritici*, Wheat streak mosaic rymovirus, WSMV), which can cause significant yield losses, reaching 100 %. The purpose of the current study was to determine the prevalence of WSMV in wheat crops in different regions of the Russian Federation and to analyze the genetic characteristics of isolates of this virus identified in the Krasnodar Territory. Identification of WSMV in selected wheat samples was carried out by the ELISA method with test systems from leading manufacturers and by the PCR method with species-specific primers. The obtained amplification products were sequenced. The results of the study conducted in 2024 showed a wide prevalence of WSMV in several constituent entities of the Russian Federation, which was not established in 2021–2023. The incidence of this virus in samples from the Stavropol Territory, Krasnodar Territory, the Republic of Crimea and the Volgograd Region was 100 %, 45.4 %, 41.7 and 30.4 %, respectively. There has been established a dominant distribution of isolates of this virus belonging to the WSMV-B strain in the Krasnodar Territory. According to the nucleotide sequence in the 6K1 and CI genes, most of these isolates are characterized by high identity with a fairly narrow group of isolates of the WSMV-B strain distributed in Austria, Germany, Poland, Ukraine, Turkey, the Czech Republic, France, and the USA. The highest identity was determined for isolates S34Edirne from Turkey, DSMZ PV-0356 from Ukraine and Sze from Poland, i.e. from countries located fairly close to the borders of the Russian Federation. There were also identified two WSMV isolates with a higher identity to the WSMV-D strain than to the WSMV-B strain. The presence of a sufficiently high genetic variability in the identified isolates indicated repeated cases of WSMV invasion into the Krasnodar Territory from several independent sources.

Keywords: *Wheat streak mosaic rymovirus, WSMV, ELISA, PCR, phylogenetic analysis.*

Введение. Пшеница является ведущей зерновой культурой Российской Федерации. Сборы урожая пшеницы в РФ в 2024 г., по предварительным данным Росстата, составили 82419,3 тыс. т, что на 11,2 % (на 10 431,8 тыс. т) меньше, чем в 2023 году. Снижение сборов произошло как за счет сокращения площадей (на 4,1 % – до 28 523,1 тыс. га), так и за счет снижения урожайности (на 7,9 % – до 29,3 ц/га). Одной из причин снижения урожайности могли стать вирусные патогены. В настоящее время на пшенице известно не менее 53 видов фитопатогенных вирусов, относящихся к 23 родам 12 таксономических семейств (CABI, 2025). Помимо прямого снижения урожая, многие вирусы, входящие в фитосанитарные требования стран – импортеров отечественной зерновой продукции, влияют на экспортный потенциал Российской Федерации. Одним из наиболее вредоносных патогенов пшеницы является вирус полосатой мозаики пшеницы (*Wheat streak mosaic virus*, или *Tritimovirus tritici*; акроним – WSMV).

WSMV является типовым видом рода *Tritimovirus* семейства *Potyviridae*. Вирионы WSMV представляют собой гибкие нитевидные частицы со спиральной симметрией длиной 750 нм и диаметром 15 нм, не имеющие оболочки. Каждый вирион состоит из молекулы РНК и примерно 2 тыс. копий белка оболочки, окружающих РНК. Геном WSMV состоит из единственной молекулы одноцепочечной линейной плюс-смысловой РНК, состоящей из 9339–9384 нуклеотидов. РНК транслируется с образованием полипротеина с молекулярной массой 350 кДа, состоящего из 3035 аминокислот. Этот полипротеин процессируется тремя кодируемыми вирусом протеазами (P1, HC-Pro и NIa-Pro) на 10 функционально активных бел-

ков: P1, HC-Pro, P3, 6K1, CI, 6K2, VPg, NIa-Pro, NIb и белок оболочки (CP). Имеется также дополнительная открытая рамка считывания (ORF) P3N-PIPO, которая экспрессируется как слитый белок с N-концевого участка гена P3 (Tatineni and Hein, 2020).

Растениями-хозяевами WSMV являются кукуруза, овес, просо, пшеница, рожь, сорго, ячмень и не менее 28 видов культивируемых и дикорастущих злаковых трав. Вирус распространен на всех континентах, за исключением Антарктиды, включая 14 стран Европы и 9 стран Азии (CABI, 2025).

В СССР болезнь полосатой мозаики пшеницы была впервые идентифицирована в 1963 г. в Краснодарском крае, а затем была отмечена на Украине, в Молдавии и странах Средней Азии. В современный период в Российской Федерации WSMV регистрировали на Южном Урале, в Среднем Поволжье, Воронежской области, Краснодарском, Ставропольском и Приморском краях. Данные исследования преимущественно основывались на использовании серологического метода диагностики, в связи с чем генетические особенности у российских изолятов этого вируса практически не изучались.

По различиям в последовательности нуклеотидов на геномной РНК мировая популяция WSMV подразделяется на четыре филогенетические группы, или штамма, – А, В, С и D (Redila et al., 2021; Jones et al., 2022). Штамм WSMV-А включает изоляты, распространенные в Мексике. Штамм WSMV-В объединяет изоляты WSMV из различных стран Европы, Ирана и Турции. Штамм WSMV-С объединяет несколько изолятов WSMV из Ирана, которые были выявлены в одном небольшом регионе этой страны. Штамм WSMV-Д объединяет изо-

ляты этого вируса из США и Канады, некоторые из которых распространились затем в Южную Америку, Австралию, Иран и Турцию.

WSMV способен распространяться с семенами пшеницы и кукурузы, в связи с чем положение об отсутствии этого вируса содержится в фитосанитарных требованиях многих стран – импортеров российской зерновой продукции. Передача WSMV с семенами пшеницы варьирует от 0,5 до 2 %, а передача с семенами кукурузы обычно не превышает 0,1 % (Jones, 2021).

Распространение WSMV возможно тремя способами: механическим, семенами и посредством переносчика – пшенично-завитушного клеща *Aceria tosichella* Keifer. Механическая передача вируса происходит, когда сок инфицированных растений попадает на здоровые растения в результате повреждений, вызванных деятельностью человека (например, перемещением сельскохозяйственной техники), травоядными животными и листогрызущими насекомыми или трением листьев растений друг о друга. Наиболее эффективно вирус распространяется с помощью клеща-переносчика (Jones, 2021). В отечественной литературе этот клещ известен под названиями *Aceria tritici* Shev., или *Aceria tulipae* (Keifer), которые в настоящее время считаются синонимами *Aceria tosichella*.

WSMV считается вторым по значимости вирусом пшеницы после вируса желтой карликовости ячменя (BYDV) и вызывает эпизодические, но катастрофические эпифитотии на пшенице в различных регионах мира. В отличие от BYDV, который наносит наибольший вред в условиях прохладного климата, вредоносность WSMV является более высокой в южных регионах, что взаимосвязано с более высокой активностью и репродукционной способностью клеща-переносчика. В Австралии и США неоднократно отмечались потери урожая на уровне 80–98%. В случае заражения восприимчивых сортов озимой пшеницы в раннеосенний период потери урожая могут достигать 100 % (Jones, 2021).

Материалы и методы исследований.

Объектами исследований являлись образцы растений пшеницы с симптомами вирусоподобных аномалий, отобранные в ходе проведения маршрутных обследований. Скрининговые тесты проводили методом иммуноферментного анализа (ИФА) в формате DAS-ELISA с наборами реагентов к WSMV фирм Agdia (США), DSMZ и Loewe (обе – Германия). Все тест-системы использовали согласно прилагаемым к наборам инструкциям фирм-производителей. Реакцию считали позитивной в том случае, если показатель оптической плотности тестируемого образца превышал аналогичный показатель отрицательного контроля не менее чем в три раза.

Экстракцию РНК для проведения полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) проводили коммерческими наборами реагентов Проба-НК (Агродиагностика,

Россия) и ФитоСорб-М (Синтол, Россия) согласно инструкциям фирм-производителей.

ПЦР в «реальном времени» (ОТ-ПЦР-РВ) проводили в одноэтапном формате с набором реагентов «Wheat streak mosaic virus-PB» (Синтол, Россия) по инструкции фирмы-производителя, а также с праймерами и зондом WSMV F1/ WSMV R1/ WSMV P (Tatinene et al., 2010) и с набором реагентов One Tube RT-PCR Taq Man (Евроген, Россия). В последнем случае каждая реакция объемом 25 мкл содержала 5 мкл буфера OneTube PCRMix TaqMan, 3,5 мкл экстрагированной РНК, по 0,5 мкл каждого праймера и зонда, 0,5 мкл ревертазы MMLV и 14,5 мкл стерильной деионизированной воды. Температурно-временной режим составил: 50 °C – 15 мин, 95 °C – 1 мин, 40 циклов (95 °C – 15 сек, 60 °C – 20 сек, 72 °C – 30 сек). ОТ-ПЦР-РВ проводили на амплификаторах АНК-32 (Синтол, Россия), DTLite (ДНК-Технология, Россия) и CFX96 Touch (Bio Rad, США). Положительным считали сигнал, наблюдающийся при $Ct \leq 35$ при наличии экспоненциальной кривой амплификации.

Классическую ОТ-ПЦР проводили в одноэтапном формате с праймерами PMB-70/ PMB-71 (Jones et al., 2022) и набором реагентов One Tube RT-PCR Taq Man (Евроген, Россия). Каждая реакция объемом 25 мкл содержала: 5 мкл буфера OneTube PCRMix TaqMan, 3,5 мкл экстрагированной РНК, по 0,5 мкл каждого праймера, 0,5 мкл ревертазы MMLV и 15 мкл стерильной деионизированной воды. Температурно-временной режим составил: 50 °C – 15 мин, 95 °C – 1 мин, 40 циклов (95 °C – 15 сек, 58 °C – 20 сек, 72 °C – 30 сек). Классическую ПЦР проводили на амплификаторе Veriti (Thermo Scientific, США).

Визуализацию результатов классической ОТ-ПЦР осуществляли в 1%-м агарозном геле с бромистым этидием в 0,5x TBE-буфере. Величину продуктов амплификации определяли, используя маркеры молекулярного веса ДНК Gene Ruber 100 bp Plus фирмы Fermentas. Тест с праймерами PMB-70/ PMB-71 считали положительным при наличии ампликона величиной 748 п.о.

Полученные ампликоны подвергали секвенированию по модифицированному методу Сенгера на генетическом анализаторе AB-3500 (Applied Biosystems, США). Для анализа полученных нуклеотидных последовательностей использовали программное обеспечение BioEdit 7.0.5.3, BLASTN 2.12.0+ и Needleman-Wunsch Global Align Nucleotide Sequences. Филогенетический анализ проводили с помощью программы MEGA11. Для филогенетического анализа наряду с выявленными изолятами были включены следующие изоляты WSMV, депонированные в генбанке NCBI: Czech (AF454454, Чехия), Marmagne (HG810953, Франция), Naghadeh (EU914917, Иран), PV-1141 DSMZ (PP856226, Германия), PV-1196 DSMZ (OR082783, Австрия), PV-0356 DSMZ (MZ202336, Украина), S34Edirne

(MZ405098, Турция), Sze (MH939145, Польша), Turkey 1 (AF454455, Турция), Type strain (AF285169, США). Изолят *Wheat Eqlid mosaic tritimovirus* (NC_009805, Иран) был включен в качестве филогенетической аутгруппы.

Результаты и их обсуждение. В 2021–2024 гг. нами проводилось обследование посевов зерновых культур в различных регионах Российской Федерации с отбором образцов и их тестированием методом ИФА на наличие комплекса вирусов. WSMV за данный период наблюдений был выявлен в Республике Бурятия, Республике Крым, Алтайском, Краснодарском и Ставропольском краях, Волгоградской, Воронежской и Ростовской областях. В 2021–2023 гг. встречаемость WSMV была относительно невысокой (Приходько Ю.Н. и др., 2024). Исключение составила Ростовская область, где этот вирус был зарегистрирован в 33,3 % тест-образцов. Напротив, в 2024 г. WSMV был выявлен в 118 образцах растений пшени-

цы из 346 протестированных. Встречаемость этого вируса в образцах из Ставропольского края, Краснодарского края, Республики Крым и Волгоградской области составила соответственно 100, 45,4, 41,7 и 30,4 % (табл. 1). В Краснодарском крае в 2024 г. WSMV был выявлен в Динском, Каневском, Кореновском, Курганинском, Тбилиском и Усть-Лабинском районах, а в Волгоградской области – в Дубовском, Иловлинском, Светлоярском, Суровикинском и Фроловском районах, что является свидетельством чрезвычайно широкого распространения данного вируса в этих субъектах РФ. Переносчик этого вируса – пшеничный завитушный клещ (*Aceria tosichella* Keifer) был идентифицирован в образцах растений пшеницы из Краснодарского края заведующим лабораторией экологии и генетики насекомых и клещей ФГБУ «ВНИИКР», кандидатом биологических наук И. О. Камаевым (рис. 1).

Таблица 1. Распространенность вируса полосатой мозаики пшеницы (WSMV) в посевах пшеницы в нескольких регионах Российской Федерации
Table 1. Prevalence of wheat streak mosaic rymovirus (WSMV) in wheat crops in several regions of the Russian Federation

Регион РФ	Год	Количество образцов	% образцов, содержащих WSMV
Ставропольский край	2021	66	0,09
Воронежская область	2021	96	–
Волгоградская область	2021	27	11,1
Алтайский край	2022	81	18,5
Иркутская область	2022	21	–
Воронежская область	2022	36	–
Ростовская область	2022	27	33,3
Воронежская область	2023	75	4,0
Волгоградская область	2023	165	5,5
Республика Бурятия	2024	7	14,3
Республика Крым	2024	36	41,7
Ставропольский край	2024	3	100
Краснодарский край	2024	132	45,4
Волгоградская область	2024	22	30,4
Воронежская область	2024	26	–
Орловская область	2024	6	–
Ростовская область	2024	4	–



Рис. 1. Особи пшеничного завитушного клеща на листе растения пшеницы из Краснодарского края (фото И. О. Камаева, публикуется с разрешения автора)

Fig. 1. Species of the wheat curl mite on a wheat leaf from the Krasnodar Territory (photo by I. O. Kamaev, published with permission of the author)

Полученные результаты позволяют сделать вывод о развитии в 2024 г. эпифитотии WSMV на территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, тогда как на юге Центрального федерального округа этой эпифитотии не наблюдалось. Эпифитотия WSMV усугублялась в некоторых регионах широким распространением BYDV-PAV. Таким образом, одной из причин снижения урожайности пшеницы, наблюдающегося в 2024 г. в южных регионах РФ, наряду с неблагоприятными погодными условиями, могла стать эпифитотия WSMV и BYDV-PAV. Последняя эпифитотия WSMV на территории Краснодарского края наблюда-

лась в 2018–2019 гг. и привела к значительным потерям урожая пшеницы.

В апреле–мае 2024 г. в посевах озимой пшеницы в Краснодарском крае наблюдались многочисленные растения с симптомами заражения WSMV (рис. 2). Все 132 образца растений пшеницы, отобранных в 2024 г. на территории Краснодарского края, были протестированы методами ИФА, ОТ-ПЦР-PB с набором реагентов «Wheat streak mosaic virus-PB» (Синтол, Россия) и с праймерами и зондом WSMV F1/WSMV R1/WSMV P, а также методом классической ОТ-ПЦР с праймерами PMB-70/PMB-71.



Рис. 2. Растения озимой пшеницы в Краснодарском крае с типичными симптомами заражения WSMV (фото И.Б. Абловой, публикуется с разрешения автора)

Fig. 2. Winter wheat plants in the Krasnodar Territory with typical symptoms of WSMV infection (photo by I.B. Ablova, published with permission of the author)

Продукты амплификации праймеров PMB-70/PMB-71 были подвергнуты секвенированию и анализу с использованием программы Nucleotide Blast NCBI. В итоге были получены последовательности 32 изолятов WSMV из Краснодарского края. Проведенный анализ подтвердил принадлежность всех полученных последовательностей к виду *Wheat streak mosaic virus*. Какая-либо генетическая идентичность с иными вирусами отсутствовала. Полученные последовательности содержали полную последовательность нуклеотидов гена 6K1 и прилегающий 5'-концевой участок гена CI WSMV.

Установлено, что подавляющее большинство выявленных изолятов из Краснодарского края (кроме изолятов KrWS-23 и KrWS-42) относятся к штамму WSMV-B и в той или иной степени – к идентично определенной группе референтных изолятов этого штамма. В эту группу входят следующие референтные изоляты: S34Edirne (Турция), Sze и Sosn (Польша),

DSMZ PV-0356 (Украина), Ноут и DSMZ PV-1141 (Германия), Czech (Чехия), DSMZ PV-1196 и Austria (Австрия), Marmagne (Франция), KM19, RO20, NE01_19 и DC19 (все США). Идентичность последовательностей нуклеотидов этих изолятов на данном участке генома в сравнении с референтными изолятами штамма WSMV-B составила 91,57–99,60 %, тогда как с референтными изолятами штамма WSMV-D – 85,51–90,19 %.

В дальнейшем выявленные изоляты анализировали по полной последовательности нуклеотидов гена 6K1. У вида WSMV этот ген состоит из 152 нуклеотидов и кодирует белок с молекулярной массой 6 кДа. Функции этого белка все еще слабо изучены. По аналогии с другими вирусами семейства *Potyviridae* можно предположить, что зрелый белок 6K1 необходим для репликации и межклеточного транспорта вируса на ранней стадии инфекции. В отношении WSMV установлено, что белок 6K1 индуцирует у растений пшеницы ранние сим-

птомы в виде интенсивных хлоротичных полос и пятен (Tatineni et al., 2023).

По особенностям последовательностей нуклеотидов в гене 6K1 изоляты WSMV, выявленные в Краснодарском крае, подразделялись на пять основных групп в зависимости от идентичности с референтными изолятами штаммов WSMV-B и WSMV-D (табл. 2). Изоляты группы I характеризуются очень высокой идентичностью (на уровне 98,26–100 %) с референтными изолятами штамма WSMV-B. Идентичность изолятов группы II с референтными изолятами штамма WSMV-B является несколько менее высокой

(95,45–99,35 %), а для изолятов группы III такая идентичность составляет всего 91,25–96,03 %. Для всех этих трех групп характерна очень низкая идентичность с референтными изолятами штамма WSMV-D (84,38–92,67 %). Изоляты группы IV незначительно отличаются от изолятов группы III по идентичности к изолятам штамма WSMV-B, но характеризуются несколько более высокой идентичностью к изолятам штамма WSMV-D. Наконец, в группу V вошли два изолята (KrWS-27 и KrWS-42) с более высокой идентичностью к изолятам штамма WSMV-D, чем к изолятам штамма WSMV-B.

Таблица 2. Идентичность последовательностей нуклеотидов гена 6K1 у филогенетических групп изолятов WSMV из Краснодарского края в сравнении с референтными изолятами штаммов WSMV-B и WSMV-D
Table 2. Identity of nucleotide sequences of the 6K1 gene in phylogenetic groups of WSMV isolates from the Krasnodar Territory in comparison with reference isolates of WSMV-B and WSMV strains

Группа	Изоляты WSMV из Краснодарского края	Идентичность с референтными изолятами штаммов:	
		WSMV-B	WSMV-D
I	KrWS-18, KrWS-27, KrWS-41, KrWS-44, KrWS-46, KrWS-61	98,26–100 %	88,09–92,67 %
II	KrWS-20, KrWS-24, KrWS-26, KrWS-37, KrWS-58	95,45–99,35 %	88,03–91,56 %
III	KrWS-39, KrWS-48, KrWS-50, KrWS-56, KrWS-57	91,25–96,03 %	84,38–88,89 %
IV	KrWS-6, KrWS-11kp, KrWS-33, KrWS-40, KrWS-47	92,05–98,10 %	87,01–93,43 %
V	KrWS-23, KrWS-42	87,42–89,31 %	89,87–92,45 %

Установлено, что по полной последовательности нуклеотидов в гене 6K1 25 изолятов WSMV, выявленных в Краснодарском крае, характеризуются наиболее высокой идентичностью (96,77–100 %) с изолятами S34Edirne (Турция), Sze (Польша), PV-1196 (Австрия) и RO20 (США) штамма WSMV-B. Для трех изолятов (KrWS-24, KrWS-26 и KrWS-69) констатируется наиболее высокая идентичность (98,08–99,35 %) с изолятом PV-1141 (Германия) штамма WSMV-B. Изоляты KrWS-20 и KrWS-47

оказались максимально идентичными соответственно с изолятами KM19 (США) и Marmagne (Франция) штамма WSMV-B. В Кореновском районе Краснодарского края были выявлены также два изолята WSMV (KrWS-23 и KrWS-42) с более высокой идентичностью к изолятам штамма WSMV-D (90,12–92,45 %, чем к изолятам штамма WSMV-B (87,05 – 89,05 %)). Наиболее высокая идентичность (92,12–92,45 %) у этих двух изолятов наблюдалась с изолятами DC19 (США) и Naghadeh (Иран) штамма WSMV-D (табл. 3).

Таблица 3. Референтные изоляты WSMV с максимальной идентичностью гена 6K1 с выявленными изолятами этого вируса из Краснодарского края
Table 3. Reference WSMV isolates with maximum identity of the 6K1 gene with the identified isolates of this virus from the Krasnodar Territory

Референтные изоляты WSMV	Идентичность (%)	Изоляты WSMV из Краснодарского края
S34Edirne (Турция, штамм WSMV-B)	100	KrWS-18, KrWS-61
	99,32–99,35	KrWS-26, KrWS-27
S34Edirne (Турция), Sze (Польша), PV-1196 (Австрия), RO20 (США), все относятся к штамму WSMV-B	100	KrWS-41, KrWS-44, KrWS-46, KrWS-89, KrWS-92
	99,35	KrWS-31, KrWS-91
	96,77–98,71	KrWS-6, KrWS-11kp, KrWS-33, KrWS-34, KrWS-35, KrWS-37, KrWS-39, KrWS-40, KrWS-66, KrWS-73, KrWS-81, KrWS-83, KrWS-87, KrWS-93
PV-1141 (Германия, штамм WSMV-B)	98,08–99,35	KrWS-24, KrWS-26, KrWS-69
KM19 (США, штамм WSMV-B)	98,70	KrWS-20
Marmagne (Франция, штамм WSMV-B)	95,86	KrWS-47
DC-19 (США, штамм WSMV-D)	92,16–92,45	KrWS-23, KrWS-42

Проведенный филогенетический анализ подтвердил достаточно высокую генетическую вариабельность изолятов WSMV, распростра-

ненных в Краснодарском крае, и их подразделение на несколько филогенетических групп (рис. 3).

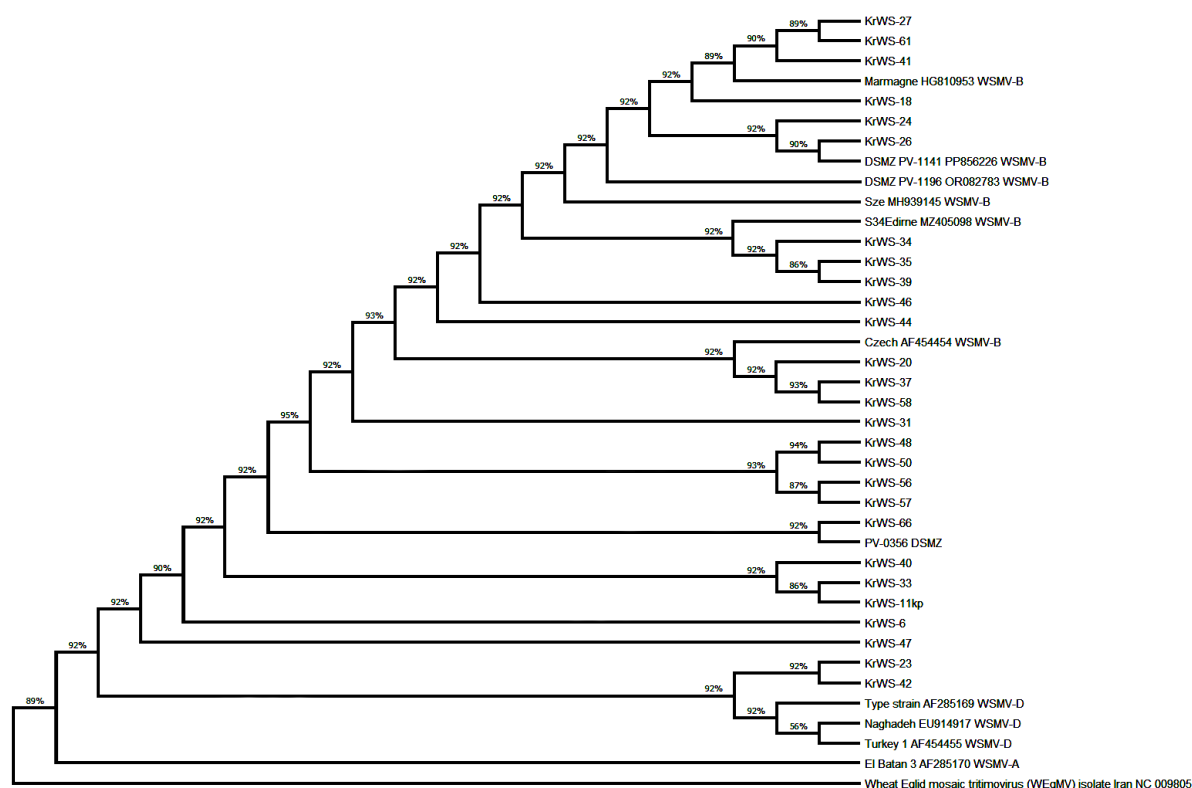


Рис. 3. Филогенетический анализ 27 изолятов WSMV из Краснодарского края и 11 референтных изолятов WSMV по полной последовательности нуклеотидов гена 6K1. Дерево реконструировано методом ближайшего соседа с помощью программы MEGA11. Изолят Wheat Eqlid mosaic tritimovirus (NC009805) использован в качестве филогенетической аутгруппы

Fig. 3. Phylogenetic analysis of 27 WSMV isolates from the Krasnodar Territory and 11 reference WSMV isolates based on the complete nucleotide sequence of the 6K1 gene. The tree was reconstructed using the neighbor-joining method using the MEGA11 program. The isolate Wheat Eqlid mosaic tritimovirus (NC009805) was used as a phylogenetic outgroup.

По результатам множественного выравнивания последовательностей нуклеотидов гена 6K1 23 изолятов WSMV из Краснодарского края и двух референтных изолятов штамма WSMV-B (PV-0356 и S34Edirne) полная идентичность наблюдалась для 100 из 152 нуклеотидов этого гена. Установлено, что наиболее высокая вариабельность характерна для нуклеотидов в положениях № 1–9, 21–26, 59–74, 81–89, 101–104 и 126–135. Выделяется группа изолятов со вставкой гуанидина в положении нуклеотидов № 4, что не наблюдается у референтных изолятов и у 11 других изолятов из Краснодарского края. Для референтного изолята S34Edirne (Турция) и 13 изолятов из Краснодарского края

(KrWS-18, KrWS-20, KrWS-24, KrWS-26, KrWS-27, KrWS-34, KrWS-35, KrWS-37, KrWS-41, KrWS-44, KrWS-46, KrWS-57 и KrWS-66) характерно также наличие двух консервативных последовательностей T-T-T-T. У остальных анализируемых изолятов, включая референтный изолят PV-0356, в этих консервативных последовательностях имели место единичные замены тиамина на цитозин. Для всех анализируемых изолятов штаммов WSMV-B и WSMV-D выявлено наличие консервативной последовательности AGGAAGCA(T)TGGA(T)T в положении нуклеотидов № 9–20 и консервативной последовательности GTAT(C)TGTA в положении нуклеотидов № 38–45 (рис. 4).

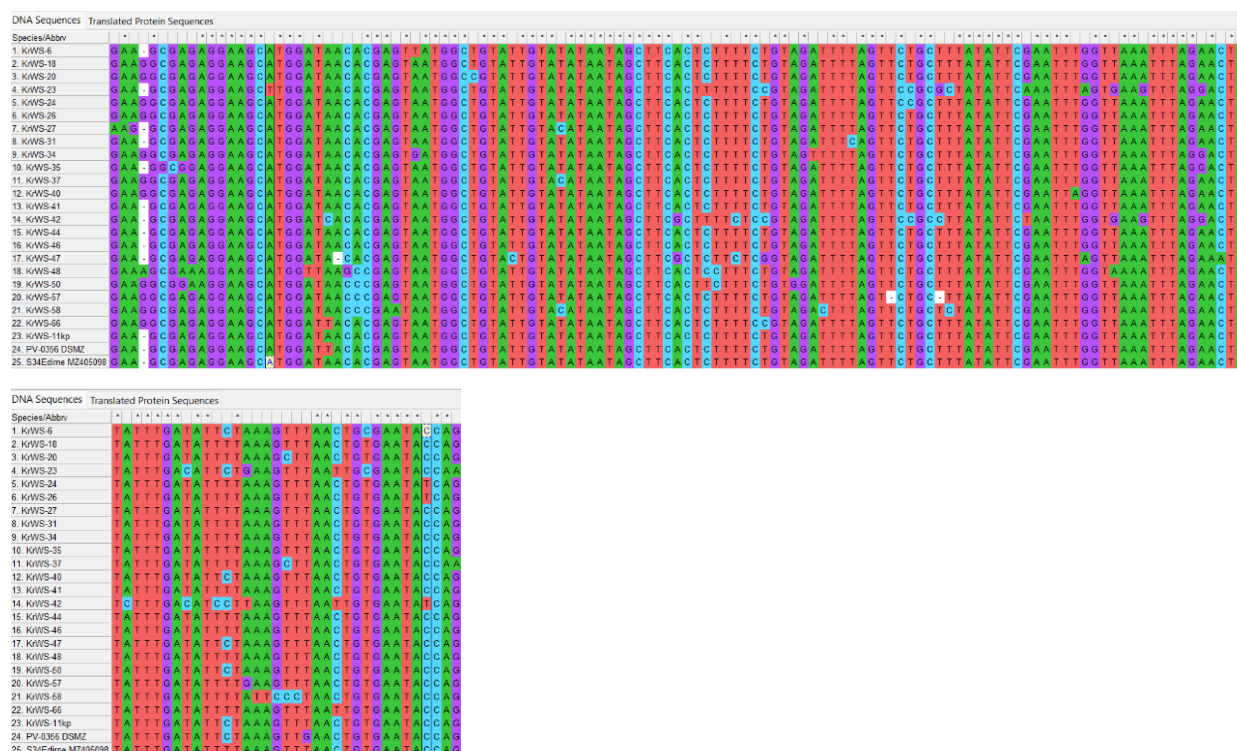


Рис. 4. Множественное выравнивание последовательностей нуклеотидов 5'-концевого и центрального участков (вверху) и 3'-концевого участка (внизу) гена 6K1 23 изолятов WSMV из Краснодарского края и двух референтных изолятов штамма WSMV-B (PV-0356 и S34Edime), выполненного с использованием программы MEGA11

Fig. 4. Multiple alignment of nucleotide sequences of the 5'-terminal and central regions (top) and the 3'-terminal region (bottom) of the 6K1 gene of 23 WSMV isolates from the Krasnodar Territory and two reference isolates of the WSMV-B strain (PV-0356 and S34Edime), performed using the MEGA11 program

Выводы. Полученные результаты позволяют сделать вывод о развитии в 2024 г. эпифитотии WSMV на территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, которая усугублялась в некоторых регионах широким распространением BYDV-PAV. Предпосылкой к развитию эпифитотии могла стать чрезвычайно мягкая зима 2023–2024 гг., способствующая успешной перезимовке переносчика WSMV – пшеничного завитушного клеща.

Установлено, что на территории Краснодарского края преимущественно распространены изоляты штамма WSMV-B, что характерно и для большинства европейских стран. Вместе с тем выявлено два изолята с высокой идентичностью к изолятам штамма WSMV-D, которые преимущественно распространены в Северной Америке. Выделяется также группа изолятов (KrWS-47, KrWS-48, KrWS-50

и KrWS-57), для которых характерна относительно низкая идентичность как с изолятами штамма WSMV-B, так и с изолятами штамма WSMV-D. Возможно, данные изоляты в течение длительного времени распространены на территории Краснодарского края и приобрели определенные генетические отличия от изолятов из других стран. Наличие достаточно высокой генетической вариабельности у выявленных изолятов свидетельствует о неоднократных случаях инвазии WSMV на территорию Краснодарского края из нескольких независимых источников. Не выявлено взаимосвязи между генетическими особенностями анализируемых изолятов и их географическим происхождением.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках государственного задания (Пер. № НИОКТР 123022100120-4).

Библиографический список

1. Приходько Ю. Н., Живаева Т. С., Лозовая Е. Н., Шнейдер Ю. А., Пручкина М. А., Башкирова И. Г., Каримова Е. В., Селявкин С. Н., Комаров Д. А., Касаткин Д. Г., Кобзарь В. Ф., Аблова И. Б., Пузырная О. Ю., Керимов Р. В. Видовой состав и распространенность вирусов пшеницы в Российской Федерации // Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S4–2(20). С. 71–72.
2. CABI 2025. *Wheat streak mosaic virus* (wheat streak) datasheet [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/56858> (дата обращения: 11.03.2025).
3. Jones R.A.C. Global plant virus disease pandemics and epidemics// Plants. 2021. Vol. 10(2), Article number: 233. DOI: 10.3390/plants10020233
4. Jones R. A. C., Vazquez-Iglesias I., Hajizadeh M., McGreig S., Gibbs A.J. Phylogenetics and evolution of *Wheat streak mosaic virus*: Its global origin and the source of the Australian epidemic // Plant Pathology. 2022. Vol. 71, P. 1660–1673. DOI: 10.1111/ppa.13609

5. Redila C., Phipps S., Nouri S. Full genome evolutionary studies of wheat streak mosaic-associated viruses using high-throughput sequencing // *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12, Article number: 699078. DOI: 10.3389/fmicb.2021.699078
6. Tatineni S., Hein G. L. Tritimoviruses and Rymoviruses (Potyviridae) // *Encyclopedia of Virology* (Fourth Edition). 2021. Vol. 3, P. 797–804. DOI: 10.1016/B978-0-12-809633-8.21342-3
7. Tatineni S., Graybosch R. A., Hein G. L., Wegulo S. N., French R. Wheat cultivar-specific disease synergism and alteration of virus accumulation during co-infection with *Wheat streak mosaic virus* and *Triticum mosaic virus* // *Phytopathology*. 2010. Vol. 100(3). P. 230–238. DOI: 10.1094/PHYTO-100-3-0230
8. Tatineni S., Alexander J., Nunna H. 6K1, Nla-VPg, Nla-Pro, and CP of *Wheat streak mosaic virus* are collective determinants of wheat streak mosaic disease in wheat // *Phytopathology*. 2023. Vol. 113(6), P. 1115–1127. DOI: 10.1094/PHYTO-10-22-0401-R

References

1. Prikhod'ko Yu. N., Zhivaeva T. S., Lozovaya E. N., Shneider Yu. A., Pruchkina M. A., Bashkirova I. G., Karimova E. V., Selyavkin S. N., Komarov D. A., Kasatkin D. G., Kobzar' V. F., Ablova I. B., Puzyrnaya O. Yu., Kerimov R. V. Vidovoi sostav i rasprostranennost' virusov pshenitsy v Rossiiskoi Federatsii [1. Varietal composition and spread of wheat viruses in the Russian Federation] // *Fitosanitariya. Karantin rastenii*. 2024. № S4–2 (20). S. 71–72.
2. CABI 2025. *Wheat streak mosaic virus* (wheat streak) datasheet [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/56858> (data obrashcheniya: 11.03.2025).
3. Jones R. A. C. Global plant virus disease pandemics and epidemics // *Plants*. 2021. Vol. 10(2), Article number: 233. DOI: 10.3390/plants10020233
4. Jones R. A. C., Vazquez-Iglesias I., Hajizadeh M., McGreig S., Gibbs A.J. Phylogenetics and evolution of *Wheat streak mosaic virus*: Its global origin and the source of the Australian epidemic // *Plant Pathology*. 2022. Vol. 71, P. 1660–1673. DOI: 10.1111/ppa.13609
5. Redila C., Phipps S., Nouri S. Full genome evolutionary studies of wheat streak mosaic-associated viruses using high-throughput sequencing // *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12, Article number: 699078. DOI: 10.3389/fmicb.2021.699078
6. Tatineni S., Hein G. L. Tritimoviruses and Rymoviruses (Potyviridae) // *Encyclopedia of Virology* (Fourth Edition). 2021. Vol. 3, P. 797–804. DOI: 10.1016/B978-0-12-809633-8.21342-3
7. Tatineni S., Graybosch R. A., Hein G. L., Wegulo S. N., French R. Wheat cultivar-specific disease synergism and alteration of virus accumulation during co-infection with *Wheat streak mosaic virus* and *Triticum mosaic virus* // *Phytopathology*. 2010. Vol. 100(3), P. 230–238. DOI: 10.1094/PHYTO-100-3-0230
8. Tatineni S., Alexander J., Nunna H. 6K1, Nla-VPg, Nla-Pro, and CP of *Wheat streak mosaic virus* are collective determinants of wheat streak mosaic disease in wheat // *Phytopathology*. 2023. Vol. 113(6), P. 1115–1127. DOI: 10.1094/PHYTO-10-22-0401-R

Поступила: 29.01.25; доработана после рецензирования: 19.03.25; принята к публикации: 19.03.25

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. Приходько Ю. Н., Шнейдер Ю. А. – концептуализация исследования; Живаева Т. С. – подготовка опыта; Живаева Т.С., Лозовая Е. Н., Башкирова И. Г., Каримова Е. В. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Приходько Ю. Н., Живаева Т. С., Калашиков А. А. – анализ данных и их интерпретация; Приходько Ю. Н. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОМИЦЕТНОГО КОМПЛЕКСА ПОЧВЫ В АГРОЦЕНОЗАХ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ЕЕ ОБРАБОТКИ

А. В. Пономарев, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга, ponomarev@fnbcbzr.ru, ORCID ID: 0000-0003-0514-5797;

Е. Ю. Гырнец, научный сотрудник лаборатории микробиологической защиты растений, alena_fox95@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2164-5935;

В. М. Дубяга, научный сотрудник лаборатории микробиологической защиты растений, dubyaga608@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0083-6505

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный научный центр биологической защиты растений»,

350039, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 62; e-mail: info@fnbcbzr.ru

Устойчивое фитосанитарное состояние агроэкосистем в значительной мере определяется поддержанием здоровых почв. Одной из приоритетных задач при их оздоровлении выступает фитосанитарный мониторинг и диагностика по группам вредных и полезных почвенных микроорганизмов. Целью данных исследований являлась оценка микологического состава почвы в агроценозах пшеницы озимой в зависимости от различных методов обработки почвы и влияния на динамику патогенной и супрессивной микробиоты. Работа направлена на выявление взаимосвязей между применяемыми агротехническими приемами и формированием почвенных грибных сообществ, что имеет значение для оптимизации стратегий управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем. Исследования проводили в 2022–2024 гг. на экспериментальной базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), г. Краснодар. В анализе участвовали почвообразцы, отобранные с участков возделывания пшеницы озимой сорта Алексеич с безотвальной и отвальной обработкой почвы. Результаты показали, что различные виды обработки почвы, вероятно, влияют на численность и структуру микробных сообществ. Важно отметить, что агроклиматические условия в период проведения исследований также могли существенно повлиять на динамику численности микромицетов. На всех этапах исследований количество супрессивных грибов было незначительным для оказания заметного эффекта на снижение фитопатогенных грибов. Представленные выводы в работе носят предварительный характер и требуют воспроизводимости экспериментов с целью выявления устойчивых закономерностей влияния агротехнических мероприятий на динамику развития микробных сообществ. Исследования подчеркнули необходимость управления патогенной и сапротрофной микробиотой почвы с целью снижения фитопатогенного пресса и повышения устойчивости агроценозов.

Ключевые слова: микробиота, пшеница озимая, фитосанитарное состояние, *Fusarium*, *Trichoderma*, супрессивность, обработка почвы.

Для цитирования: Пономарев А. В., Гырнец Е. Ю., Дубяга В. М. Структурные изменения микромицетного комплекса почвы в зависимости от способов ее обработки // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 103–111. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-103-111.



STRUCTURAL CHANGES IN THE MICROMYCETE COMPLEX OF SOIL IN WHEAT AGROCENOSSES DEPENDING ON TILLAGE METHODS

A. V. Ponomarev, senior researcher of the laboratory for phytosanitary monitoring, ponomarev@fnbcbzr.ru, ORCID ID: 0000-0003-0514-5797;

E. Yu. Gyrnets, researcher of the laboratory for microbiological plant protection, alena_fox95@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2164-5935;

V. M. Dubyaga, researcher of the laboratory for microbiological plant protection, dubyaga608@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0083-6505

Federal State Budgetary Scientific Institution

«Federal Research Center of Biological Plant Protection» (FSBSI FRCBPP)

350039, Krasnodarsky Krai, Krasnodar, Kalinin Str., 62; e-mail: info@fnbcbzr.ru

The sustainable phytosanitary condition of agroecosystems is largely determined by maintaining healthy soils. One of the priority tasks in their improvement is phytosanitary monitoring and diagnostics for groups of harmful and beneficial soil microorganisms. The purpose of the current study was to estimate the mycological composition of soil in winter wheat agroecosystems depending on various tillage methods and the impact on the dynamics of pathogenic and suppressive microbiota. The work has been done to identify the correlation between the applied agrotechnical methods and the formation of soil fungal communities, which is important for optimizing strategies to manage the phytosanitary state of agroecosystems. The study was conducted at the experimental base of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Plant Protection», Krasnodar in 2022–2024. There have been analyzed soil samples taken from the plots of the winter wheat variety 'Alekseich' after subsoil

and moldboard plowing. The results have shown that different types of tillage likely affect the number and structure of microbial communities. It is important to mention that agroclimatic conditions during the study period could also significantly affect the dynamics of the number of micromycetes. At all stages of the study, the number of suppressive fungi was insignificant to have a noticeable effect on the reduction of phytopathogenic fungi. The conclusions in the paper are preliminary and require reproducibility of the trials in order to identify stable patterns of the effect of agrotechnical measures on the dynamics of microbial community development. The study has emphasized the necessity to manage pathogenic and saprotrophic soil microbiota in order to reduce phytopathogenic pressure and increase the stability of agrocenoses.

Keywords: *microbiota, winter wheat, phytosanitary condition, Fusarium, Trichoderma, suppressiveness, tillage.*

Введение. Основу в экологическом земледелии составляют здоровые и плодородные почвы. Плодородная и биологически активная почва обеспечивает растения достаточным количеством минеральных веществ, необходимых для оптимального роста и развития, тем самым снижая риск повреждений от болезней, вредителей и сорной растительности. Улучшение почвенной экосистемы способствует увеличению и качества урожая, что является важным аспектом долгосрочного планирования (Пономарев и др., 2022).

Обеспечение устойчивого фитосанитарного состояния базируется на поддержании здоровых почв. Первостепенной задачей для их оздоровления служит фитосанитарный мониторинг и диагностика по группам вредных и полезных почвенных микроорганизмов.

К наиболее широко распространенным и вредоносным болезням сельскохозяйственных культур, которые сохраняются в почве и на растительных остатках, относятся корневые и прикорневые гнили (*Fusarium* spp., *Bipolaris* spp., *Rhizoctonia* spp. и т.д.) (Kremneva et al., 2020; Волкова и др., 2016; Lisiecki et al., 2022).

Снижению вредоносности патогенных микровицетов способствует активное развитие грибов-супрессоров, к которым относятся грибы рода *Trichoderma* и некоторые виды *Penicillium* и *Aspergillus*. Качественный и количественный состав почвенных микровицетов обуславливает супрессивные свойства почвы, то есть способность почвы подавлять развитие фитопатогенной микробиоты. Несмотря на то, что вопрос здоровья почвы очень актуален и изучается учеными из разных стран, в настоящее время нет однозначного понимания того, как различные методы возделывания и типы земледелия влияют на почвенные микроорганизмы (Ostandie et al., 2021; Cheng et al., 2021; Theron, 2023).

В современных условиях экологически ориентированного земледелия актуальной задачей остается разработка стратегий управления микробиотой почвы посредством оптимизации ее обработки. Исследование микробиологического состава почвы при различных способах обработки позволит сформировать научно обоснованные подходы к повышению ее биологического потенциала, снижению патогенного прессинга и устойчивому производству сельскохозяйственных культур.

Цель исследования заключалась в оценке микробиологического состава почвы в агроценозах пшеницы озимой в зависимости от различных методов обработки почвы и влияния на динамику патогенной и супрессивной микробиоты. Работа направлена на выявление взаимосвязей между применяемыми агротехническими приемами и формированием почвенных грибных сообществ, что имеет значение для оптимизации стратегий управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем.

Материалы и методы исследований. Полевые эксперименты проводили на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) сотрудники лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем и микробиологической защиты растений в 2022–2024 годах. Общая площадь всех опытных участков составляла 1 га, а размер каждой делянки – 56×90 метров (0,5 га). Варианты применяемых обработок: отвальный прием серийным плугом ПЛН-3-35 на глубину 22–25 см. Безотвальный прием серийной бороной БДТ-3 на глубину 10–12 см. Культура – пшеница озимая сорта Алексеич.

Почвенный покров в зоне исследований характеризуется черноземом, выщелоченным мицелярно-карбонатным (черноземы глубокие выщелоченные) со слабокислой реакцией (рН 5,5–6,5). Рыхлые почвообразующие породы – глинистые и тяжелосуглинистые (Слюсарев, 2022). Гумус в пахотном слое почвы – гуматный, составляет 3,0–4,5 %, постепенно уменьшающийся с глубиной. Содержание общего азота – 0,20 %, подвижного фосфора – 1,82 мг/кг почвы, обменного калия – 3,06 мг/кг.

Территория полевой экспериментальной базы ФГБНУ ФНЦБЗР относится к центральной зоне Краснодарского края, по температурному режиму и увлажнению характеризуется умеренно континентальным, умеренно влажным и теплым климатом.

Погодные условия вегетационного сезона 2022–2023 гг. (рис. 1) несколько отличались более низким количеством выпавших осадков, однако относительная влажность воздуха была выше среднемноголетних показателей на протяжении всего сезона и составляла от 76,6 до 88,6 %. Температуры весеннего периода колебались в пределах от 8,6 до 16,5 °С, что выше по сравнению со средними многолетними значениями.

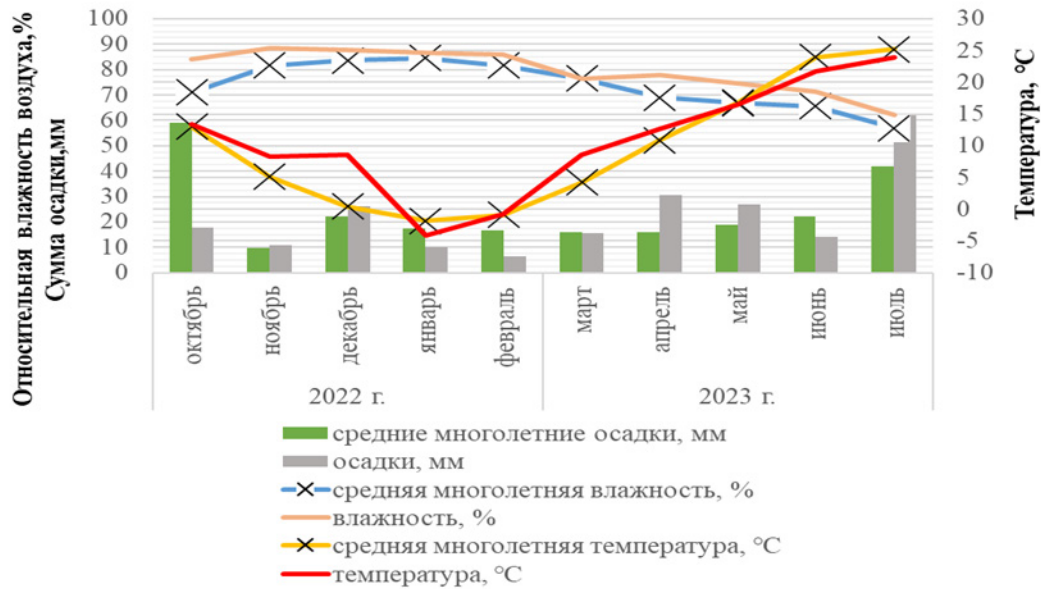


Рис. 1. Погодные условия вегетационного сезона 2022–2023 гг., метеостанция «Круглик», г. Краснодар
 Fig. 1. Weather conditions in the vegetation period of 2022–2023, weather station «Kruglik», Krasnodar

Весенний период вегетационного сезона 2023–2024 гг. (рис. 2) характеризовался низким количеством выпавших осадков и низкой относительной влажностью воздуха по сравнению со средними многолетними значениями.

Температуры воздуха в весенний период составляли от 7,4 до 18,7 °С. Таким образом, вегетационный сезон 2023–2024 гг. стал наиболее теплым и сухим в сравнении с предыдущими годами проведения исследований.



Рис. 2. Погодные условия вегетационного сезона 2023–2024 гг., метеостанция «Круглик», г. Краснодар
 Fig. 2. Weather conditions in the vegetation period of 2023–2024, weather station «Kruglik», Krasnodar

Предпосевную обработку семян проводили 12 октября 2022 г. и 18 октября 2023 года. Все последующие операции по защите культуры выполняли согласно принятой технологии защиты пшеницы озимой в фазы развития культуры, такие как кущение, налив, флагоый лист, колошение – молочно-восковая спелость. В этот период было внесено микробиологическое удобрение широкого спектра действия с фунгицидными и стимулирующими свойствами Геостим Фит марок А, В, С, D, E, G, а так-

же гуминовое удобрение – 10%-й жидкий концентрат сухого порошкообразного препарата «Гумел-Люкс».

Посев пшеницы озимой в 2022 г. проводили 13 октября и 19 октября 2023 г. при норме 4 млн/га на глубину 5–6 см. Вегетационный период в 2023 г. длился до 7 июля и составил 267 суток. Энергия прорастания составила 96 %, лабораторная всхожесть – 97 % на участках с двумя способами обработки почвы. Вегетационный период в 2024 г. длился

до 5 июля и составил 259 суток. Энергия прорастания составляла 98 %, лабораторная всхожесть – 100 % на участках с двумя способами обработки почвы.

Исследования осуществляли с использованием материально-технической базы Уникальной научной установки (УНУ) «Технологическая линия для получения микробиологических средств защиты растений нового поколения» (<https://ckp-rf.ru/catalog/usu/671367/>).

Отбор почвенных образцов для анализа производили: 1 – 07.10.2022 г.; 2 – 07.07.2023 г.; 3 – 09.10.2023 г.; 4 – 02.04.2024 г., 5 – 02.07.2024 года.

В 2022 г. исследования носили предварительный характер и были направлены на выявление общего фитосанитарного состояния почвы до начала агротехнических мероприятий. В связи с этим проводили отбор одного усредненного образца почвы с экспериментального участка. Полученные данные позволили обосновать необходимость закладки детализированного опыта в последующие годы. С 2023 г. схема отбора проб была расширена и включала три фазы: до агротехнических мероприятий (предпосевной период), в фазу активной вегетации озимой пшеницы, а также после уборки урожая с каждого участка на безотвальной и отвальной обработках почвы.

Образцы почвы получали согласно общепринятым методикам отбора точечных проб – методом конверта (ГОСТ 17.4.4.02-84) из пяти точек и проводили смешивание в один усредненный образец. Почву отбирали с глубины 10 (± 5) см почвенного горизонта в стерильные крафт-пакеты с использованием металлической лопаты. Между вариантами лопату очищали и стерилизовали 96 %-м этиловым спиртом с последующим двукратным прожигом.

Предоставленные образцы почвы обладали высокой влажностью. В связи с этим их просушивали на бумаге в течение семи дней при комнатной температуре. Затем образцы измельчали до максимального размера агрегатов (комочков) 0,5 см. Все посторонние включения удаляли вручную в процессе просева, после чего отбирали средний образец (Кураков, 2001; Литвинов, 2013).

После этого делали навески 1 г почвы всех исследуемых образцов (весы Adventurer Pro (AV4102C), Ohaus (США)), предварительно подсушенные при комнатной температуре, и высушивали при температуре 105 °С до неизменной массы. Повторность опыта трехкратная.

Микологический анализ почвенных образцов выполняли методом последовательного почвенного разведения (Нетрусов, 2025). Рассчитывали численность колонии образующих единиц (КОЕ) на 1 г воздушно-сухой почвы (Литвинов, 2013). Предварительно подсушенную при комнатной температуре почвенную

навеску (1 г) тщательно перетирали в ступке, помещали в колбу со стерильной водой (100 мл) и перемешивали в течение 1 ч на шейкере New Brunswick Scientific Excella E25 (США). Водную суспензию из разведений 10^2 , 10^3 и 10^4 раскапывали и тщательно растирали шпателем по поверхности агаризованной среды. Высев производили на среду Чапека для грибов (Нетрусов, 2025) с pH = 4–4,5. Разведение осуществляли дозаторами переменного объема Eppendorf. Чашки Петри помещали в термостат на шесть суток при температуре 23 °С. Через шесть суток подсчитывали общее количество колоний грибов в каждой чашке Петри и осуществляли идентификацию (Литвинов, 2013; Литвинов, 1969).

КОЕ определяли по формуле (Нетрусов, 2025):

$$M = (A \times 10^n) / V,$$

где A – среднее число колоний; n – разведение; V – объем суспензии, взятой для посева; M – количество КОЕ в 1 г почвы.

Полученные данные пересчитывали на 1 г абсолютно сухой почвы.

Идентификацию культур проводили с использованием микроскопа Axio Scope A1, Carl Zeiss с программным обеспечением для документирования и обработки изображений (Германия) (Литвинов, 2013; Литвинов, 1969; Станчева, 2005).

Результаты и их обсуждение. В результате микологического анализа почвенных образцов в вегетационный период 2022–2024 гг. были выделены и идентифицированы микромицеты с различной трофической специализацией.

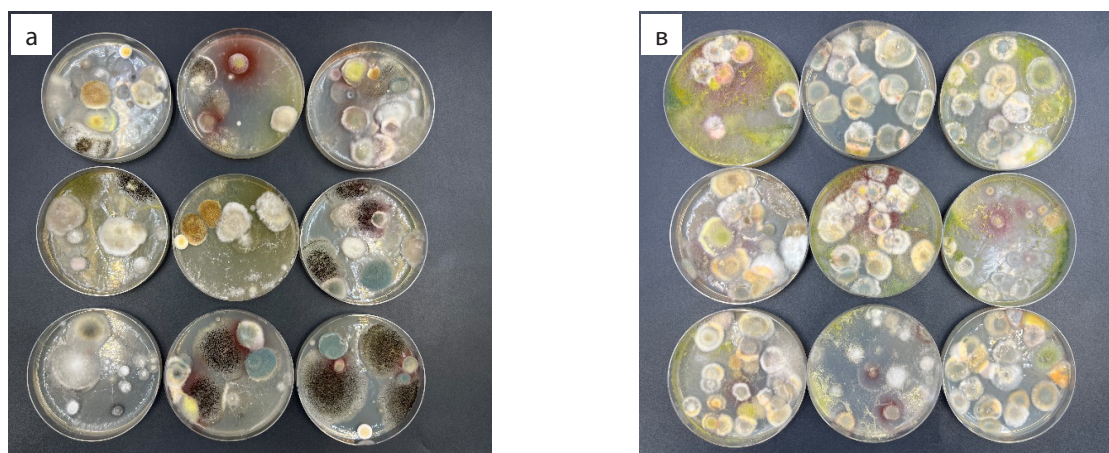
Важно отметить, что исследования в 2022 г. были предварительными и были направлены на выявление общего фитосанитарного состояния почвы до начала агротехнических мероприятий, в то время как в 2023 г. после уборки урожая отбор проб проводили отдельно для каждого варианта обработки почвы, что позволило более детально оценить влияние агротехнических приемов. Согласно данным таблицы 1 в почво-пробе до обработки почвы общее количество выделенных микромицетов достигало $4,3 \times 10^4$ КОЕ/г. Количество патогенных грибов рода *Fusarium* spp. составило $4,4 \times 10^3$ КОЕ/г (10,2 % от общего числа микроорганизмов), а грибов рода *Cladosporium* spp. – $2,9 \times 10^3$ КОЕ/г (6,9 % от общего числа микромицетов). Присутствие указанных фитопатогенов свидетельствует о том, что к моменту закладки опыта в почву был определен патогенный фон, требующий контроля данного фактора в ходе дальнейших исследований (табл. 1).

Таблица 1. Содержание микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы до основной обработки почвы и после уборки урожая, 2022–2023 гг. (ФГБНУ ФНЦБЗР)
Table 1. Number of microorganisms per 1 g of extremely dry soil before primary tillage and after harvesting, 2022–2023 (FSBSI FRCBPP)

Микроорганизм	До обработки почвы		После уборки			
	КОЕ/г	%	КОЕ/г	%	КОЕ/г	%
	средний образец		безотвальная обработка		отвальная обработка	
патогенные						
<i>Fusarium spp.</i>	$(4,4 \pm 0,3) \times 10^3$	10,2	$(1,1 \pm 0,6) \times 10^3$	7,1	$(7,8 \pm 0,7) \times 10^2$	3,1
<i>Verticillium spp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Cladosporium spp.</i>	$(2,9 \pm 0,9) \times 10^3$	6,9	0	0	0	0
<i>Cephalosporium spp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizopus spp.</i>	$(1,1 \pm 0,0) \times 10^2$	0,3	$(3,3 \pm 0,7) \times 10^2$	2,1	$(1,1 \pm 0,0) \times 10^2$	0,5
<i>Alternaria spp.</i>	0	0	$(3,3 \pm 0,7) \times 10^2$	2,1	$(1,1 \pm 0,0) \times 10^2$	0,5
сапротрофные						
<i>Trichoderma spp.</i>	$(1,0 \pm 0,1) \times 10^3$	2,3	$(4,4 \pm 0,06) \times 10^2$	2,8	$(7,8 \pm 0,6) \times 10^2$	3,2
<i>Penicillium spp.</i>	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^4$	36,4	$(9,2 \pm 1,9) \times 10^3$	58,9	$(1,5 \pm 0,6) \times 10^4$	62,9
<i>Aspergillus spp.</i>	$(1,7 \pm 1,7) \times 10^4$	40,4	$(4,2 \pm 1,5) \times 10^3$	27,0	$(7,3 \pm 1,0) \times 10^3$	29,8
<i>Mucor spp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Trichothecium spp.</i>	0	0	0	0	0	0
Прочие	$(1,5 \pm 0,6) \times 10^3$	3,5	0	0	0	0
Общее количество	$(4,3 \pm 2,0) \times 10^4$	100	$(1,6 \pm 1,8) \times 10^4$	100	$(2,5 \pm 1,8) \times 10^4$	100

В 2023 г. после уборки урожая проводили отбор проб отдельно с экспериментальных участков безотвальной и отвальной обработки почвы, что позволило выявить отличия в количественном и видовом составе микробиоты в зависимости от варианта исследований. Из почвообразцов было выделено $1,6 \times 10^4$ КОЕ/г и $2,5 \times 10^4$ КОЕ/г микромицетов в одном грамме абсолютно сухой почвы (табл. 1, рис. 3).

В результате проведенного анализа отмечено, что патогенные грибы в образцах почвы были представлены грибами родов *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Rizopus* spp. Во всех пробах было отмечено значительное количество этого патогена – $7,8 \times 10^2$ КОЕ/г и $1,1 \times 10^3$ КОЕ/г (3,1 и 7,1 % от общего количества микромицетов).



а – безотвальная обработка почвы; в – отвальная обработка почвы

Рис. 3. Колонии микромицетов, выделенные из почвенных образцов (ориг.), ФГБНУ ФНЦБЗР (2023 г.)
Fig. 3. Colonies of micromycetes isolated from soil samples (orig.), FSBSI FRCBPP (2023)

Содержание грибов рода *Alternaria* spp. в образце с безотвальной обработкой почвы было на уровне $3,3 \times 10^2$ КОЕ/г, а в образце с отвальной обработкой почвы его количество было ниже – $1,1 \times 10^2$ КОЕ/г (2,1 и 0,5 % от общего количества микромицетов соответственно). Кроме того, в вариантах были выделены единичные колонии грибов рода *Rizopus* spp. В данных агроклиматических условиях содержание вышеуказанных фитопатогенов не пре-

вышало значимого уровня для вредоносности на культуре «пшеница озимая».

Важную роль в почвенном консорциуме играют микромицеты, формирующие патогенный потенциал. Установлено, что содержание патогенной микробиоты в почвообразце с отвальной обработкой почвы было в 2,7 раза ниже, чем в варианте с безотвальной обработкой.

Сапротрофная группа грибов была представлена родами *Penicillium* (58,9–62,9 %)

и *Aspergillus* (27,0–29,8 %) от общего количества микромицетов. Доминирующее содержание данных грибов в пробах почвы может быть связано с их хорошей адаптированностью к высоким температурам при относительно низкой увлажненности, что, вероятно, способствовало более активному росту и спорообразованию термотолерантных грибов родов *Penicillium* spp. и *Aspergillus* spp. В данных агроклиматических условиях культуры, относящиеся к этим родам, являются фоновыми. Следует отметить, что некоторые представители *Penicillium*, *Aspergillus* способны поражать сельскохозяйственные культуры в результате их способности продуцировать фитотоксичные вещества и быстро размножаться на органических субстратах.

Грибы рода *Trichoderma* spp. являются одним из ключевых индикаторов супрессивности почв. В исследуемых почвенных образцах № 1 и № 2 было выделено $4,4 \times 10^2$ КОЕ/г и $7,8 \times 10^2$ КОЕ/г микромицетов рода *Trichoderma* spp. соответственно (2,8 и 3,2 % от общего числа микромицетов), обладающих выраженным антагонистическим действием. Однако такое низкое количество супрессивной микробиоты недостаточно для контроля фитопатогенов. Об этом свидетельствует высокий процент и соотношение количества колоний *Fusarium* spp. к грибам рода *Trichoderma* spp.

Таким образом, данные, полученные в предварительном эксперименте, позволили установить количественное соотношение патогенных и сапротрофных микроорганизмов до начала агротехнических мероприятий, в то время как результаты анализа в послеуборочный период выявили различия в составе микробиоты в зависимости от способа обработки почвы. Безотвальная обработка способствовала уме-

ренному снижению численности грибов рода *Fusarium* spp., однако сохранила невысокую концентрацию грибов рода *Trichoderma* spp., что может быть обусловлено чувствительностью грибов-супрессоров к стабильному уровню влажности и умеренной температуре. При отвальной обработке почвы зафиксировано более выраженное снижение доли патогенных микроорганизмов и увеличение общей численности микромицетов, что, вероятно, может быть связано с улучшением аэрации и перемещения фитопатогенов в нижние горизонты почвы.

Исследование влияния различных методов обработки почвы на содержание микроорганизмов в период 2023–2024 гг. представлены в таблицах 2, 3, 4 и позволяют оценить динамику микробиологической активности в почве в зависимости от типа обработки.

В таблице 2 показаны результаты структуры микробиоты почвенных образцов до обработки почвы. Умеренные температуры и достаточная почвенная влага обеспечили высокое общее количество микроорганизмов перед агротехническими мероприятиями, которое варьировало от $4,8 \times 10^4$ до $6,9 \times 10^4$ КОЕ/г. В группе патогенных микроорганизмов в основном были представители грибов рода *Fusarium* spp., которые составили от $3,2 \times 10^3$ до $3,8 \times 10^3$ КОЕ/г. Максимальные показатели были отмечены в варианте, где предполагалась безотвальная обработка $3,8 \times 10^3$ (7,8 % от общего числа микромицетов). Другие патогенные грифы, такие как грибы рода *Cladosporium* spp., присутствовали в меньших количествах – $5,6$ – $7,8 \times 10^2$ КОЕ/г (1,1–1,2% от общего числа микромицетов). Грибы родов *Verticillium* spp., *Alternaria* spp. и *Cephalosporium* spp. в пробах не были обнаружены.

Таблица 2. Содержание микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы до основной обработки почвы, 09.10.2023 (ФГБНУ ФНЦБЗР)
Table 2. Number of microorganisms per 1 g of extremely dry soil before primary tillage, 09.10.2023 (FSBSI FRCBPP)

Микроорганизм	КОЕ/г	%	КОЕ/г	%
	безотвальная обработка		отвальная обработка	
патогенные				
<i>Fusarium spp.</i>	(3,8±0,1) × 10 ³	7,8	(3,2±0,5) × 10 ²	4,7
<i>Verticilium spp.</i>	0	0	0	0
<i>Cladosporium spp.</i>	(5,6±0,1) × 10 ²	1,2	(7,8±0,1) × 10 ²	1,1
<i>Cephalosporium spp.</i>	0	0	0	0
<i>Rhizopus spp.</i>	(2,2 ±0,1) × 10 ²	0,5	(5,6±0,2) × 10 ²	0,8
<i>Alternaria spp.</i>	0	0	0	0
сапротрофные				
<i>Trichoderma spp.</i>	(7,8±0,02) × 10 ²	1,6	(1,0±0,0) × 10 ³	1,4
<i>Penicillium spp.</i>	(2,3±2,1) × 10 ⁴	48,4	(3,4±0,8) × 10 ⁴	49,8
<i>Aspergillus spp.</i>	(1,8±0,4) × 10 ⁴	36,6	(2,8±1,3) × 10 ⁴	40,6
<i>Mucor spp.</i>	0	0	(1,1±0,0) × 10 ²	0,2
<i>Trichothecium spp.</i>	0	0	0	0
Прочие	(1,9±0,3) × 10 ³	3,9	(1,0±0,2) × 10 ³	1,4
Общее количество	(4,8±2,3) × 10 ⁴	100	(6,9 ±0,1)× 10 ⁴	100

Среди сапротрофных микроорганизмов доминирующими были *Penicillium* spp.

и *Aspergillus* spp., которые суммарно составляли более 80 % от общего числа микроорганиз-

мов во всех вариантах обработки. Это свидетельствует о высокой активности данных групп в разложении органических веществ.

Грибы рода *Trichoderma* spp., известные своими супрессивными свойствами по отношению к патогенным грибам, присутствовали в незначительных количествах во всех пробах почвы – от $7,8 \times 10^2$ до $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г. Максимальное содержание было отмечено в вариантах, где предполагалась отвальная обработка почвы – $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г, что составило около 1,5 % от общего числа микроорганизмов. Эти данные свидетельствуют о присутствии супрессивных грибов, но их количество на данном этапе было незначительным для оказания заметного эффекта на снижение патогенов.

В почвенных образцах в весенний период вегетации пшеницы озимой было выявлено увеличение содержания патогенных микроорганизмов, что может быть обусловлено повышением температурного режима при ограниченном количестве атмосферных осадков. В частности, грибов рода *Fusarium* spp., которое достигло максимальных значений в варианте с безотвальной обработкой – $6,0 \times 10^3$ КОЕ/г (9,5 % от общего числа микромицетов) (табл. 3). Эти данные, предположительно, свидетельствуют о том, что безотвальная обработка почвы может способствовать накоплению патогенов за счет недостаточной глубины перемешивания и аэрации почвы.

Таблица 3. Содержание микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы, 02.04.2024 г. (ФГБНУ ФНЦБЗР)
Table 3. Number of microorganisms per 1 g of extremely dry soil, 02.04.2024 (FSBSI FRCBPP)

Микроорганизмы	Проба, тип обработки почвы			
	безотвальная		отвальная	
	КОЕ/г	%	КОЕ/г	%
патогенные				
<i>Fusarium</i> spp.	$(6,0 \pm 0,6) \times 10^3$	9,5	$(4,2 \pm 0,5) \times 10^3$	9,1
<i>Verticillium</i> spp.	0	0	0	0
<i>Cladosporium</i> spp.	0	0	$(4,4 \pm 0,0) \times 10^2$	0,9
<i>Cephalosporium</i> spp.	0	0	0	0
<i>Rhizopus</i> spp.	0	0	0	0
<i>Alternaria</i> spp.	0	0	0	0
сапрофитные				
<i>Trichoderma</i> spp.	$(1,3 \pm 0,0) \times 10^3$	2,1	$(1,1 \pm 0,1) \times 10^3$	2,4
<i>Penicillium</i> spp.	$(3,2 \pm 5,3) \times 10^4$	51,0	$(2,4 \pm 1,4) \times 10^4$	52,4
<i>Aspergillus</i> spp.	$(2,0 \pm 2,2) \times 10^4$	32,6	$(1,6 \pm 1,9) \times 10^4$	35,2
<i>Mucor</i> spp.	0	0	0	0
<i>Trichothecium</i> spp.	0	0	0	0
Прочие	$(3,0 \pm 0,8) \times 10^3$	4,8	0	0
Общее количество	$(6,3 \pm 8,2) \times 10^4$	100	$(4,7 \pm 1,3) \times 10^4$	100

В условиях дефицита влаги грибы рода *Trichoderma* spp. весной продемонстрировали незначительное увеличение по сравнению с показателями в образцах 2023 года. Их количество варьировалось от $1,0 \times 10^3$ до $1,3 \times 10^3$ КОЕ/г. Максимальное количество этих грибов было зафиксировано в вариантах с безотвальной обработкой – $1,3 \times 10^3$ КОЕ/г, что составляет 2,1 % от общего числа микроорганизмов. Это указывает на некоторое увеличение активности супрессивных грибов, что могло быть связано с улучшением условий для их развития весной, однако их влияние на патогенные микроорганизмы остается ограниченным.

После уборки содержание микроорганизмов изменялось в зависимости от типа обработки почвы (табл. 4). Количество патогенных микроорганизмов *Fusarium* spp. снизилось во всех вариантах опыта по сравнению с весенним периодом – $4,7 \times 10^3$ и $4,4 \times 10^3$ КОЕ/г соответственно (7,2 и 7,3 % от общего числа микромицетов соответственно). Данная динамика, вероятно, обусловлена изменением температурного и влажного режима, отсутствием активно вегетирующих растений-хозяев и конкурентных взаимоотношений с сапротрофной микробиотой, что могло оказать лимитирующее воздействие на популяцию грибов рода *Fusarium* spp.

Таблица 4. Содержание микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы после уборки, 02.07.024 г. (ФГБНУ ФНЦБЗР)
Table 4. Number of microorganisms per 1 g of extremely dry soil after harvesting, 02.07.024 (FSBSI FRCBPP)

Микроорганизмы	Проба, тип обработки почвы			
	безотвальная		отвальная	
	КОЕ/г	%	КОЕ/г	%
патогенные				
<i>Fusarium spp.</i>	$(4,7 \pm 0,5) \times 10^3$	7,2	$(4,4 \pm 0,1) \times 10^3$	7,3
<i>Verticillium spp.</i>	0	0	0	0
<i>Cladosporium spp.</i>	$(1,2 \pm 0,2) \times 10^3$	1,9	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^3$	2,0
<i>Cephalosporium spp.</i>	0	0	0	0
<i>Rhizopus spp.</i>	$(8,9 \pm 0,2) \times 10^2$	1,4	$(1,2 \pm 0,0) \times 10^3$	2,0
<i>Alternaria spp.</i>	$(2,2 \pm 0,2) \times 10^2$	0,3	0	0
сапрофитные				
<i>Trichoderma spp.</i>	$(7,8 \pm 0,1) \times 10^2$	1,2	$(1,0 \pm 0,0) \times 10^3$	1,6
<i>Penicillium spp.</i>	$(3,0 \pm 1,8) \times 10^4$	46,5	$(2,7 \pm 1,7) \times 10^4$	44,4
<i>Aspergillus spp.</i>	$(2,5 \pm 1,4) \times 10^4$	38,1	$(2,5 \pm 0,6) \times 10^4$	41,2
<i>Mucor spp.</i>	$(2,2 \pm 0,0) \times 10^2$	0,3	$(1,1 \pm 0,0) \times 10^2$	0,2
<i>Trichothecium spp.</i>	0	0	0	0
Прочие	$(2,0 \pm 0,7) \times 10^3$	3,1	$(7,8 \pm 0,1) \times 10^2$	1,3
Общее количество	$(6,5 \pm 2,9) \times 10^4$	100	$(6,1 \pm 1,1) \times 10^4$	100

Увеличение содержания грибов рода *Cladosporium spp.* до 1,9 % в обоих вариантах указывает на возможную активизацию этого рода после уборки в результате достижения оптимальных условий.

Грибы рода *Trichoderma spp.*, которые играют ключевую роль в подавлении патогенных микроорганизмов, показали стабильные результаты во всех вариантах обработки почвы, сохраняясь на уровне $7,8 \times 10^2$ – $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г. Максимальные значения были зафиксированы при отвальной обработке почвы – $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г. Хотя количество этих грибов остается стабильным, их процент в общей доле микробиоты невелик – 1,2–1,6 %, что указывает на необходимость дополнительных мер по стимуляции их развития для улучшения супрессивной активности почвы.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что различные типы обработки почвы оказывают влияние на численность и структуру сообществ почвенных микроорганизмов. Безотвальная и отвальная обработки привели к увеличению доли *Fusarium spp.* весной 2024 г., возможно, из-за более глубокого перемешивания почвы. Сапрофитные грибы родов *Penicillium spp.* и *Aspergillus spp.* оставались доминирующими группами во всех вариантах обработки почвы на протяжении всего периода исследований, что указывает на их высокую адаптивность и устойчивость к различным агротехническим приемам. Эти грибы играют важную роль в разложении расти-

тельных остатков и формировании почвенного плодородия.

Важно отметить, что агроклиматические условия в период проведения исследований также могли существенно повлиять на динамику численности микромицетов. Изменения гидро-термического режима почвы, в частности температуры и влажности, являются значимыми факторами, определяющими активность и развитие почвенных грибов. Наблюдаемое снижение численности фитопатогенных грибов рода *Fusarium spp.* в послеуборочный период может быть связано как с агротехническими мероприятиями, так и с сезонными изменениями климатических параметров.

Следует подчеркнуть, что представленные выводы носят предварительный характер и требуют воспроизводимости экспериментов с целью выявления устойчивых закономерностей в динамике микробных сообществ под влиянием различных агротехнических и экологических факторов.

На основе полученных данных можно заключить, что оптимизация методов обработки почвы имеет потенциал для повышения продуктивности агроэкосистем за счет управления микробным сообществом.

Финансирование. Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № 23-76-01051 <https://rscf.ru/project/23-76-01051/>.

Библиографический список

1. Волкова Г. В., Кремнева О. Ю., Шумилов Ю. В., Синяк Е. В., Ваганова О. Ф., Сегеда Е. С., Марченко Д. М., Самофалова Н. Е., Скрипка О. В., Дерова Т. Г. Характеристика сортов и линий озимой пшеницы селекции ВНИИЗК им. И. Г. Калиненко по устойчивости к комплексу возбудителей экономических значимых болезней // Зерновое хозяйство России. 2016. № 1. С. 27–32.
2. Кураков А. В. Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем. М.: Макс Пресс, 2001. С. 10–12.
3. Литвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов. Рипол Классик, 2013. С. 214–265.

4. Литвинов М. А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов. Л.: Изд-во «Наука», 1969. 124 с.
5. Нетрусов А. И. Микробиология: теория и практика: учебник для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2025. 456 с.
6. Пономарев А. В., Кремнева О. Ю., Гасиян К. Э., Данилов Р. Ю. Влияние способов обработки почвы на развитие болезней пшеницы // Юг России: экология, развитие. 2022. № 4(65). С. 174–181. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-174-181
7. Слюсарев В. Н. Почвы Краснодарского края. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2022. 260 с.
8. Станчева И. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Т. 1. 2005. С. 152–156.
9. Cheng H., Zhang D., Ren L., Song Z., Li Q., Wu J., Fang W., Huang B., Yan D., Li Y., Wang Q., Cao A. Bio-activation of soil with beneficial microbes after soil fumigation reduces soil-borne pathogens and increases tomato yield // Environmental Pollution. 2021. Vol. 283, DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117160
10. Kremneva O. Y., Volkova G. V., Kim Y. S., Mironenko N. V., Kovalenko N. M., Baranova O. A. Resistance of winter wheat varieties to tan spot in the North Caucasus region of Russia // Saudi Journal of Biological Sciences. 2021. Vol. 3. P. 1787–1794. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.12.021
11. Lisiecki K. Screening winter wheat genotypes for resistance traits against *Rhizoctonia cerealis* and *Rhizoctonia solani* infection // Agriculture. 2022. Vol. 12. P. 1981. DOI: 10.3390/agriculture12121981
12. Ostandie N., Giffard B., Bonnard O., Joubard B., Richart-Cervera S., Thiéry D., Rusch A. Multi-community effects of organic and conventional farming practices in vineyards // Scientific reports. 2021. Vol. 11, DOI: 10.1038/s41598-021-91095-5
13. Theron J. S. The effect of crop rotation and tillage practice on *Fusarium* crown rot and agronomic parameters of wheat in South Africa // Crop Protection. 2023. Vol. 166, DOI: 10.1016/j.cropro.2022.106175

References

1. Volkova G. V., Kremneva O. Yu., Shumilov Yu. V., Sinyak E. V., Vaganova O. F., Segeda E. S., Marchenko D. M., Samofalova N. E., Skripka O. V., Derova T. G. Kharakteristika sortov i linii ozimoi pshenitsy selektsii VNIIZK im. I. G. Kalinenko po ustoichivosti k kompleksu vzbuditelei ekonomicheskikh znachimykh boleznei [Characteristics of winter wheat varieties and lines developed by the All-Russian Research Institute of Grain Crops named after I.G. Kalinenko according to resistance to a complex of pathogens of economically significant diseases] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 1. S. 27–32.
2. Kurakov A. V. Metody vydeleniya i kharakteristiki kompleksov mikroskopicheskikh gribov nazemnykh ekosistem [Methods for identifying and characterizing complexes of microscopic fungi in terrestrial ecosystems]. M.: Maks Press, 2001. S. 10–12.
3. Litvinov M. A. Opredelitel' mikroskopicheskikh pochvennykh gribov [Identifier of microscopic soil fungi]. M.: Ripol Klassik, 2013. S. 214–265.
4. Litvinov M. A. Metody izucheniya pochvennykh mikroskopicheskikh gribov [Methods for studying soil microscopic fungi]. L.: Izd-vo «Nauka», 1969. 124 s.
5. Netrusov A. I. Mikrobiologiya: teoriya i praktika: uchebnik dlya vuzov [Microbiology: theory and practice: textbook for universities]. M.: Izdatel'stvo Yurait, 2025. 456 s.
6. Ponomarev A. V., Kremneva O. Yu., Gasiyan K. E., Danilov R. Yu. Vliyanie sposobov obrabotki pochvy na razvitie boleznei pshenitsy [Effect of tillage methods on the development of wheat diseases] // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2022. № 4(65). S. 174–181. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-174-181
7. Sliusarev V. N. Pochvy Krasnodarskogo kraja [Soils of the Krasnodar Territory]. Krasnodar: Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I. T. Trubilina, 2022. 260 s.
8. Stancheva I. Atlas boleznei sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Atlas of agricultural crop diseases]. T. 1. 2005. S. 152–156.
9. Cheng H., Zhang D., Ren L., Song Z., Li Q., Wu J., Fang W., Huang B., Yan D., Li Y., Wang Q., Cao A. Bio-activation of soil with beneficial microbes after soil fumigation reduces soil-borne pathogens and increases tomato yield // Environmental Pollution. 2021. Vol. 283, DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117160
10. Kremneva O. Y., Volkova G. V., Kim Y. S., Mironenko N. V., Kovalenko N. M., Baranova O. A. Resistance of winter wheat varieties to tan spot in the North Caucasus region of Russia // Saudi Journal of Biological Sciences. 2021. Vol. 3. P. 1787–1794. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.12.021
11. Lisiecki K. Screening winter wheat genotypes for resistance traits against *Rhizoctonia cerealis* and *Rhizoctonia solani* infection // Agriculture. 2022. Vol. 12. P. 1981. DOI: 10.3390/agriculture12121981
12. Ostandie N., Giffard B., Bonnard O., Joubard B., Richart-Cervera S., Thiéry D., Rusch A. Multi-community effects of organic and conventional farming practices in vineyards // Scientific reports. 2021. Vol. 11, DOI: 10.1038/s41598-021-91095-5
13. Theron J. S. The effect of crop rotation and tillage practice on *Fusarium* crown rot and agronomic parameters of wheat in South Africa // Crop Protection. 2023. Vol. 166, DOI: 10.1016/j.cropro.2022.106175

Поступила: 13.03.25; доработана после рецензирования: 27.03.25; принята к публикации: 31.03.25.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Пономарев А. В., Гырнец Е. Ю. – концептуализация исследования; Пономарев А. В., Гырнец Е. Ю., Дубяга В. М. – подготовка опыта; Пономарев А. В., Гырнец Е. Ю., Дубяга В. М. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Пономарев А. В., Гырнец Е. Ю. – анализ данных и их интерпретация; Пономарев А. В., Гырнец Е. Ю. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Уважаемые коллеги!

Редакция теоретического и научно-практического журнала «**Зерновое хозяйство России**», приглашает научных сотрудников, педагогов, соискателей и аспирантов к сотрудничеству в рамках научного журнала.

Тематика научных материалов – селекция, генетика, семеноводство, семеноведение, физиология, биохимия и биотехнология, агрохимия, иммунитет, защита растений, технологии возделывания зерновых и кормовых культур.

В журнале публикуются статьи проблемного и научно-практического характера, представляющие собой результаты завершённых исследований, обладающие новизной и представляющие интерес для широкого круга читателей журнала.

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 рекомендован Высшей аттестационной комиссией (ВАК) и включён в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук (категория К1).

Журнал входит в базу данных Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (ядро РИНЦ), Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и Белый список (<https://journalrank.rcsi.science/ru/record-sources/>). Полные тексты статей доступны на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: https://elibrary.ru/title_profile.asp?id=31842.

Консультации по возникающим вопросам можно получить по адресу электронной почты: **zhros.don@yandex.ru**