
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ
Т. 15, № 5. 2023 год

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Баталова Г. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого (Киров, Россия);
Беспалова Л. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);
Волкова Г. В. – чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, ФГБНУ «ФНЦБЗР» (Краснодар, Россия);
Гончаренко А. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Давлетов Ф. А. – д-р с.-х. наук, Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (Уфа, Россия);
Долженко В. И. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ВИЗР» (Санкт-Петербург, Россия);
Дубина Е. В. – д-р биол. наук, проф. РАН, ФГБНУ «ФНЦ риса» (Краснодар, Россия);
Зезин Н. Н. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (Екатеринбург, Россия);
Клыков А. Г. – академик РАН, д-р биол. наук, проф. РАН,
ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (Уссурийск, Россия);
Костылев П. И. – д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Лобачевский Я. П. – академик РАН, д-р техн. наук, проф. РАН (Москва, Россия);
Лукомец В. М. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФНЦ «ВНИИМК» (Краснодар, Россия);
Медведев А. М. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Пахомов В. И. – чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, доцент, ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Сандухадзе Б. И. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Сотченко В. С. – академик РАН, д-р с.-х. наук, ООО «СП ССК «Кукуруза» (Пятигорск, Россия);
Упадышев М. Т. – чл. корр. РАН, д-р с.-х. наук, проф. РАН, ФГБНУ 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, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (группа научных специальностей 4.1. Агронимия, лесное и водное хозяйство). Журнал входит в базу данных Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (ядро РИНЦ). Журнал входит в международную базу данных DOAJ.

Перевод на английский язык – Скуйбекина О.Н.

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

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 27.10.2023
Дата выхода 28.10.2023. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 000
Отпечатано в ООО «Амирит». 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL
GRAIN ECONOMY OF RUSSIA
V. 15, № 5. 2023

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

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

EDITORIAL BOARD:

- Batalova G. A.**, Federal Agricultural Research Center of the East named N. V. Rudnitsky – Dr. Sci. (Agriculture),
professor, academician of RAS (Kirov, Russia);
Bespalova L. A., "P. P. Lukiyanenko 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);
Zeze 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);
Pakhomov V. I., Agricultural Research Center "Donskoy" – Dr. Sci. (Technology), docent, corresponding member of RAS (Zernograd, Russia);
Sandukhadze B. I., Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Odintsovo, Russia);
Sotchenko V. S., All-Russian Research Institute of Maize – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Pyatigorsk, Russia);
Upadyshev M. T., Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery – Dr. Sci. (Agriculture),
professor of RAS, corresponding member of RAS (Moscow, Russia);
Shevchenko S. N., Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture),
academician of RAS (Samara, Russia);

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

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

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

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

English version is of Olga N. Skuybedina.

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

The journal is issued 6 times a year. Signed for publication 27.10.2023
The date of the issue is 28.10.2023. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No 000
Printed in Ltd "Amirit", 410004, Saratov, Chernyshevsky Str., 88

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Сухенко Н. Н., Ковтунов В. В. Изучение эффекта гетерозиса морфо-биологических признаков гибридов F ₁ сорго зернового	5
Игнатьев С. А., Регидин А. А., Кравченко Н. С., Горюнов К. Н. Густота стояния и продуктивность растений эспарцета	12
Бутковская Л. К., Крылова О. К., Мудрова В. Е. Влияние сроков посева на вегетационный период сортов яровой пшеницы различных групп спелости	19
Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Подбор линий кукурузы для оценки комбинационной способности в топкроссных скрещиваниях	24
Шумская О. В., Вожжова Н. Н., Жогалева О. С., Дубина А. Ю., Костылев П. И. Идентификация генов устойчивости к пирикулярриозу риса Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-40, Pi-ta, Pi-b	30
Донцова А. А., Донцов Д. П., Филиппов Е. Г. Селекция сортов двуручек ячменя в ФГБНУ АНЦ «Донской»	39
Костылев П. И., Вожжова Н. Н., Аксенов А. В. Оценка суходольных образцов риса на присутствие гена засухоустойчивости qDTY1.1 с помощью ДНК-маркера	48
Скворцова Ю. Г., Калинина Н. В., Фирсова Т. И., Филенко Г. А. Влияние травмирования на посевные качества семян сортов озимой мягкой пшеницы при уборке и послеуборочной доработке	56

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Рассохина И. И., Платонов А. В. Влияние микробиологического препарата, созданного на основе <i>Lactobacillus buchneri</i> , на рост и урожайность ячменя в условиях Вологодской области	63
Рублюк М. В., Иванов Д. А. Влияние погодных и ландшафтных условий на урожайность яровой пшеницы сорта Злата	70
Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б., Федорова А. В. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от дробного внесения азотных подкормок и норм высева	78
Васильченко С. А., Метлина Г. В., Ашиев А. Р. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность зимующего гороха в южной зоне Ростовской области	85
Валиев Т. Р., Курбанов С. А., Магомедова Д. С. Урожайность и качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы в условиях орошаемой зоны Республики Дагестан при применении биопрепаратов	93

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Закладной Г. А. Расположение насекомых в насыпи зерна ячменя	100
Шпанев А. М., Капусткина А. В. Особенности развития и вредоносность ягодного клопа в посевах зерновых культур на Северо-Западе России	105
Дерова Т. Г., Шишкин Н. В., Самофалова Н. Е. Изучение исходного материала и его использование в селекции озимой твердой пшеницы на устойчивость к ростовской популяции возбудителя твердой головни	112

CONTENTS

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Sukhenko N. N., Kovtunov V. V. Study of the heterosis effect of morpho-biological traits of grain sorghum hybrids F ₁	5
Ignatiev S. A., Regidin A. A., Kravchenko N. S., Goryunov K. N. Stand density and productivity of sainfoin	12
Butkovskaya L. K., Krylova O. K., Mudrova V. E. The effect of sowing dates on a vegetation period of spring wheat varieties of different maturity groups	19
Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S. Selection of maize lines for estimating combining ability in topcrossings	24
Shumskaya O. V., Vozzhova N. N., Zhogaleva O. S., Dubina A. Yu., Kostylev P. I. Identification of rice blast resistance genes Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-40, Pi-ta, Pi-b	30
Dontsova A. A., Dontsov D. P., Filippov E. G. Breeding of the facultative barley varieties at the FSBSI ARC "Donskoy"	39
Kostylev P. I., Vozzhova N. N., Aksenov A. V. Estimation of upland rice samples for the presence of the drought resistance gene qDTY1.1 using a dna marker	48
Skvortsova Yu. G., Kalinina N. V., Firsova T. I., Filenko G. A. The effect of injury on the sowing seed qualities of winter bread wheat varieties during harvesting and post-harvest processing	56

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT BREEDING

Rassokhina I. I., Platonov A. V. The effect of a microbiological product based on <i>Lactobacillus buchneri</i> on barley growth and productivity in the Vologda region	63
Rublyuk M. V., Ivanov D. A. The effect of weather and landscape conditions on productivity of the spring wheat variety 'Zlata'	70
Bakhvalova S. A., Demianova-Roy G. B., Fedorova A. V. Productivity and grain quality of winter wheat varieties depending on the fractional nitrogen top dressings and seeding rates	78
Vasilchenko S. A., Metlina G. V., Ashiev A. R. The effect of sowing dates and seeding rates on productivity of wintering peas in the southern part of the Rostov region	85
Valiev T. R., Kurbanov S. A., Magomedova D. S. Productivity and grain quality of winter bread wheat varieties in the irrigated zone of the Republic of Dagestan when using biological products	93

PLANT PROTECTION

Zakladnoy G. A. Location of insects in a barley bulk-grain	100
Shpanev A. M., Kapustkina A. V. Features of development and harmfulness of the berry bug in grain crops in the north-west of Russia	105
Derova T. G., Shishkin N. V., Samofalova N. E. Study of the initial material and its use in winter durum wheat breeding for resistance to the rostov population of the smut pathogen	112

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.174; 631.527

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-5-11

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ГИБРИДОВ F₁ СОРГО ЗЕРНОВОГО

Н. Н. Сухенко, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, nadeshdasuchenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0856-6661;

В. В. Ковтунов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Приоритетным направлением в селекции зернового сорго является выведение новых раннеспелых высокопродуктивных гибридов, адаптированных к почвенно-климатическим условиям региона и внедрение их в сельскохозяйственное производство. В этой связи особый интерес представляет использование эффекта гетерозиса у гибридов, полученных на основе материнских линий с цитоплазматической мужской стерильностью. В статье представлены результаты исследований гетерозиса гибридов первого поколения сорго зернового, созданных на основе ЦМС-линий по основным количественным признакам. Опыты проводили в 2020–2022 гг. в лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской». Цель исследований – изучить эффект гетерозиса морфо-биологических признаков гибридов первого поколения сорго зернового от скрещивания стерильных линий с высокопродуктивными сортами и образцами различной селекции. У большинства гибридов истинный и гипотетический гетерозис установлен по высоте растений, массе и количеству зерен с метелки, а частота высоких значений гетерозиса отмечена по массе и количеству зерен. Максимальный эффект проявления гетерозиса установлен по признаку «выдвинутость ножки метелки» в комбинации АЗСК21 х ЗСК 24/20 ($H_{ист} = 335,0\%$; $H_{гип} = 694,4\%$). По продолжительности вегетационного периода за годы изучения (2020–2022) все комбинации оказались раннеспелыми, и эффект гетерозиса у большинства отсутствовал. К низкорослым отнесены 65 % гибридов, и наибольший гетерозис по высоте растений составил 38,9 %. В ходе испытаний у гибрида Джетта х ЗСК 217 (87,35 г) отмечено превышение по массе зерен с метелки над лучшей родительской формой. Определены образцы, которые целесообразно использовать в скрещиваниях для получения высокопродуктивных гибридов: Ву 112, ЗСК 196/17, ЗСК 217, Жемчуг № 56, Жемчуг № 59 и В-10434.

Ключевые слова: сорго зерновое, гетерозис, гибрид, стерильная линия, продуктивность.

Для цитирования: Сухенко Н.Н., Ковтунов В.В. Изучение эффекта гетерозиса морфо-биологических признаков гибридов F₁ сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 5–11. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-5-11.



STUDY OF THE HETEROSIS EFFECT OF MORPHO-BIOLOGICAL TRAITS OF GRAIN SORGHUM HYBRIDS F₁

N. N. Sukhenko, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, nadeshdasuchenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0856-6661;

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

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

The priority direction in grain sorghum breeding is the development of new early maturing, highly productive hybrids adapted to the soil and climatic conditions of the region and their introduction into agricultural production. Thus, the use of the heterosis effect in hybrids developed from maternal lines with cytoplasmic male sterility is of particular interest. The current paper has presented the study results of heterosis of grain sorghum hybrids of the first generation, developed on the basis of CMS lines, according to the main quantitative traits. The trials were carried out in the laboratory for grain sorghum breeding and seed production of the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy” in 2020–2022. The purpose of the current research was to study the heterosis effect of morpho-biological traits of grain sorghum hybrids of the first generation developed from crossing sterile lines with highly productive varieties and samples of various breeding. In most hybrids, true and hypothetical heterosis were identified according to plant height, weight, and number of grains per panicle, and the frequency of high heterosis values was estimated according to weight and number of grains. The maximum effect of heterosis manifestation was established based on the trait ‘protrusion of a panicle stalk’ in the combination of AZSK21 x ZSK 24/20 ($H_{true} = 335.0\%$; $H_{hyp} = 694.4\%$). According to the length of a vegetation period during 2020–2022, all combinations turned out to be early maturing and the heterosis effect

was absent in most variants. 65 % of hybrids were classified as undersized, and the highest heterosis in the trait 'plant height' was 38.9 %. During the trials, the hybrid 'Jetta x ZSK 217' (87.35 g) showed an excess in the trait 'grain weight per panicle' over the best parental form. There have been identified the samples that are expedient to use in crossings to obtain highly productive hybrids, such as 'By 112', 'ZSK 196/17', 'ZSK 217', 'Zhemchug No. 56', 'Zhemchug No. 59' and 'B-10434'.

Keywords: grain sorghum, heterosis, hybrid, sterile line, productivity.

Введение. Основным этапом и главным условием сохранения животноводства при развитии агропромышленного комплекса России является создание высокоурожайных гибридов зернофуражных культур, устойчивых к неблагоприятным климатическим условиям (Кибальник, 2017; Костылев и Костылева, 2020). Сорго зерновое как высокопродуктивная, не требовательная к почвам и засухоустойчивая культура имеет большие перспективы в плане стабилизации производства зерна (Abreha et al., 2022; Kibalnik et al., 2021). В данное время одним из наиболее эффективных методов повышения урожайности является использование гетерозиса у гибридов первого поколения. Идентификация и использование продуктивных гибридов сорго могут существенно увеличить урожайность зерна (Ковтунова и Володин, 2017; Костылев и Костылева, 2020; Kibalnik et al., 2021). Преимущество таких гибридов за счет проявления эффекта гетерозиса может выражаться в различных признаках: более высокая устойчивость к условиям выращивания, увеличение массы 1000 и количества зерен, увеличение линейных размеров морфологических признаков гибридного растения (Вертикова и Пыльнев, 2021). Селекция на гетерозис во многом зависит от правильно спланированной программы скрещиваний, включения скороспелого исходного материала с высокой общей и специфической комбинационной способностью, изучения закономерностей наследования вегетативных и генеративных признаков растений (Беседа, 2010; Кибальник, 2019). Однако успех внедрения новых гибридов в сельскохозяйственное производство, а также уровень их урожайности во многом зависят от правильного подбора родительских пар и высокого качества гибридных семян первого поколения на участках гибридизации (He et al., 2020; Kovtunova et al., 2020). При создании гибридов определяющими признаками являются раннеспелость, низкорослость и высокая продуктивность. Проявление гетерозиса при этом представляет практический интерес при его максимальном значении по признакам продуктивности и минимальном по продолжительности вегетационного периода и высоте растений (Кибальник, 2019; Костылев и Костылева, 2020). Цель исследований – изучить эффект гетерозиса морфо-биологических признаков гибридов первого поколения сорго зернового от скрещивания стерильных линий с высокопродуктивными сортами и образцами различной селекции.

Материалы и методы исследований.

Объектом исследования послужили 46 гибридов первого поколения сорго зернового,

полученные на основе ЦМС-линий АЗСК 21, Деметра и Джетта. В качестве опылителей использовали 23 высокопродуктивных образца нашей селекции и других научных учреждений: By 112, B-10434, R 111 ф, 06.VI.12. RB, TAM 2694 B-B, TAM 2693 B-B, КУ-15, ЗСК 196/17, ЗСК 217, ЗСК 138, ЗСК 24/20, ЗСК 27/20, ЗСК 282/14, ЗСК 265/18, ЗСК 34, ЗСК 34/20, ВИР 1, Жемчуг № 59, Жемчуг № 55, Жемчуг № 56, Лучик, Пионер 88 и Атлант.

Опыты были заложены в 2020–2022 гг. в соответствии с методикой полевого опыта и методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Погодные условия в годы исследований были контрастны. ГТК за период вегетации сорго в 2020 г. составил 0,68, в 2021 г. – 0,82, в 2022 г. – 0,51. Посев гибридного питомника сорго зернового проводили селекционной сеелкой Клен-4,2 с междурядьями 70 см в оптимальные сроки (1–2-я декада мая). В качестве стандарта использован районированный гибрид Дюйм. Анализ количественных признаков сорго зернового проводили с учетом Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench. Учет урожая сорго зернового проводили в фазе полной спелости зерна. В лабораторных условиях проводили структурный анализ и обмолот метелок. Для статистической обработки данных использовали программы Excel и Statistica. Гетерозис рассчитывали по следующим формулам:

$$\Gamma_{\text{истинный}} = ((F_1 - P_{\text{л}}) / P_{\text{л}}) \cdot 100 \%;$$

$$\Gamma_{\text{гипотетический}} = ((F_1 - P_{\text{ср}}) / P_{\text{ср}}) \cdot 100 \%;$$

где F_1 – значение гибрида; $P_{\text{л}}$ – значение лучшей родительской формы; $P_{\text{ср}}$ – среднее значение родительских форм.

Результаты и их обсуждение. У гибридов первого поколения по продолжительности вегетационного периода установлены незначительные различия от 88 до 97 дней ($V = 2,4 \%$). Родительские формы по срокам созревания варьировали от 87 до 115 дней. Проявление эффекта истинного и гипотетического гетерозиса по данному признаку у большинства комбинаций было отрицательным или практически отсутствовало. У трех гибридов определены минимальные значения истинного гетерозиса ($\Gamma_{\text{ист}} = 1,18\text{--}3,9 \%$) и у семи – гипотетического ($\Gamma_{\text{гип}} = 1,29\text{--}6,0 \%$), и разница по периоду вегетации в сравнении с их родительскими формами была не более трех дней. Комбинации Деметрах TAM 2693 B-B и Деметрах TAM 2694 B-B созрели одновременно со стандартом (88 дней).

Наибольшая высота растений у гибридов за три года исследований отмечена с ЦМС-линией Джетта в комбинациях с 8 опылителями (121–130 см). У родительских форм максимальное значение по данному признаку было 126,5 см. Самыми низкорослыми оказались

два гибрида – АЗСК 21 х ЗСК 282/14 (94,5 см) и АЗСК 21 х ЗСК 138 (97,5 см). Истинный гетерозис установлен в 36 гибридных комбинациях, и его значения варьировали от 2,6 до 38,9 %, а гипотетический – у всех ($\Gamma_{гип} = 4,4–43,1\%$) (рис. 1).

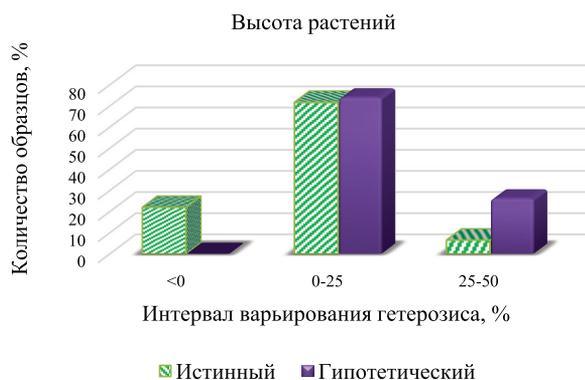


Рис. 1. Распределение гибридов F_1 по частоте проявления гетерозиса по высоте растений (2020–2022 гг.)

Fig. 1. Distribution of F_1 hybrids by frequency of heterosis manifestation according to the trait 'plant height' (2020–2022)

Селекционный интерес у сорго зернового по признаку «высота растений» представляют 18 гибридов с минимальными значениями гетерозиса на основе всех трех ЦМС-линий.

При оценке гибридов по количеству листьев на растении интервал варьирования истинного гетерозиса составил от –22,7 до 26,0 %, гипотетического – от –19,2 до 30,7 %. Гибрид с ЦМС-линией АЗСК 21 и опылителем ВИР 1 был самым облиственным и в среднем за 2020–2022 гг. сформировал 12 листьев, а родительские формы – по 9. Проявление эффекта истинного гетерозиса у него было 20,2 %, гипотетического – 30,7 %. Максимальное значение гетерозиса по данному признаку отмечено в 2022 гг. в комбинации АЗСК 21 х Жемчуг №59 ($\Gamma_{ист} = 42,9\%$).

Урожайность зерна сорго зернового зависит от длины и ширины метелки. Варьирование

данных биометрических показателей у гибридов первого поколения было небольшим – от 24,5 до 35,5 см по длине и от 4,0 до 7,5 см по ширине. Стандарт Дюйм (27,5 см) по длине метелки превысили практически все комбинации, кроме четырех. У отцовских форм в среднем за годы опытов длина метелки различалась от 19,0 до 37,0 см, а ширина – от 4,0 до 9,0 см. Самую крупную метелку сформировали гибриды на основе ЦМС-линии АЗСК 21 с опылителями ЗСК 34, Ву 112, 06.VI.12. RB и КУ-15. С последним отмечен наибольший истинный и гипотетический гетерозис по ширине метелки ($\Gamma_{ист} = 25,0\%$ и $\Gamma_{гип} = 44,6\%$), а по длине метелки – с R 111 ф ($\Gamma_{ист} = 35,7\%$) и Ву 112 ($\Gamma_{гип} = 46,3\%$). Более чем у 50 % гибридов установлен истинный гетерозис по биометрии размеров метелки в интервале варьирования 0–25 % (рис. 2).

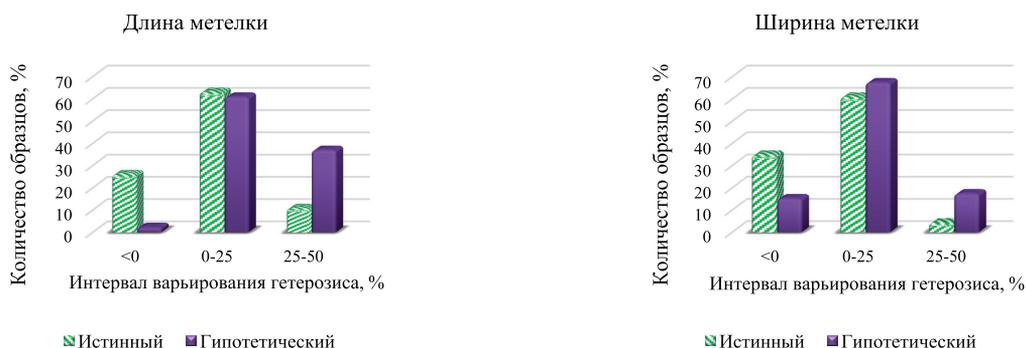


Рис. 2. Распределение гибридов F_1 по частоте проявления гетерозиса по длине и ширине метелки (2020–2022 гг.)

Fig. 2. Distribution of F_1 hybrids by frequency of heterosis manifestation according to the trait 'panicle length and width' (2020–2022)

Признак «выдвинутость ножки метелки» заслуживает особого внимания, так как от него зависит влажность зерна при механизированной уборке, потому как листовая масса в зерновом ворохе будет меньше, если ножка будет длиннее. В 2021 г. установлено сильное варьирование признака как по гибридам (от полного отсутствия выдвинутости до 12 см) ($V = 57,9\%$),

так и по родителям (от 0 до 17 см), а средний показатель длины ножки метелки за годы исследований был 8,7 и 5,7 см соответственно. Результаты анализа проявления эффекта гипотетического гетерозиса показали, что 43,5 % гибридов имели высокие показатели по данному признаку (рис. 3).



Рис. 3. Распределение гибридов F_1 по частоте проявления гетерозиса по признаку «выдвинутость ножки метелки» (2020–2022 гг.)
Fig. 3. Distribution of F_1 hybrids by frequency of heterosis manifestation according to the trait 'protrusion of a panicle stalk' (2020–2022)

У комбинаций ЦМС-линии АЗСК 21 с отцовскими формами Ву 112, ЗСК 196/17, Жемчуг № 56, 06.VI.12. RB и ЗСК 24/20 и Деметра х Пионер 88 отмечен наивысший эффект гетерозиса ($\Gamma_{\text{ист}} = 100\text{--}335\%$, $\Gamma_{\text{гип}} = 125\text{--}694\%$). Выход ножки метелки из раструба верхнего листа на уровне стандарта (12 см) или выше него (12,5–14 см) был у девяти гибридов, в основном созданных на основе ЦМС-линий Деметра и Джетта.

В среднем за 2020–2022 гг. изучения комбинации скрещивания сформировали массу зерен с одной метелки от 39,3 до 87,4 г, в то время как родительские формы – от 22,1 до 63,3 г. Величина истинного и гипотетического гетерозиса значительно варьировала по гибридам ($\Gamma_{\text{ист}} = -10,1\text{--}198,7\%$; $\Gamma_{\text{гип}} = 6,84\text{--}218,6\%$). Большая часть гибридов характеризовалась высоким эффектом гетерозиса в интервалах 25–50 %, 50–75 % и более 100 % (рис. 4).

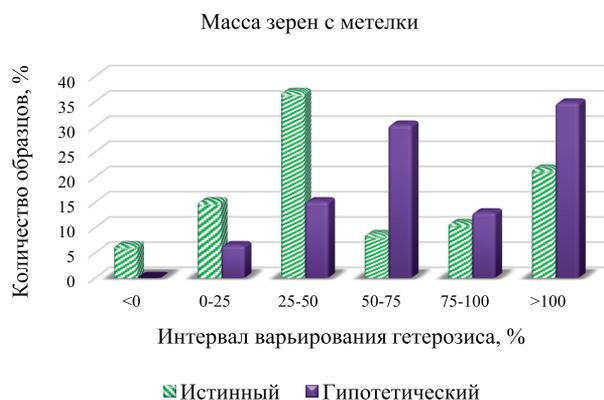


Рис. 4. Распределение гибридов F_1 по частоте проявления гетерозиса по признаку «масса зерен с метелки» (2020–2022 гг.)
Fig. 4. Distribution of F_1 hybrids by frequency of heterosis manifestation according to the trait 'grain weight per panicle' (2020–2022)

Максимальные коэффициенты гетерозиса ($\Gamma_{\text{ист}} > 100\%$) получены у шести гибридов с ЦМС-линией АЗСК 21 с опылителями Ву 112,

ЗСК196/17, Жемчуг № 56, Жемчуг № 59, Лучик, КУ-15, Атлант, а также с ЦМС-линией Деметра и Ву 112, Жемчуг № 55 и В-10434. В среднем

у стандарта масса зерна с метелки составила 44,9 г, а у гибридов – 61,1 г. Достоверное превышение над стандартом по данному признаку отмечено у 76 % комбинаций и отмечено 9 максимально продуктивных гибридов с массой зерен с одной метелки более 70 г. Высокими значениями продуктивности метелки и эффектом гетерозиса выделена комбинация ЦМС-линия Джетта х ЗСК 217 (87,35 г; $\Gamma_{ист} = 87,7\%$; $\Gamma_{гип} = 112,5\%$).

Стабильные по годам исследований показатели отмечены у гибридов по признаку «масса 1000 зерен» и в среднем были 30,5 г. Значения данного признака родительских форм в среднем за три года составили 27,61 г. Наибольший эффект истинного гетерозиса выявлен в комбинации Деметра х В-10434 ($\Gamma_{ист} = 24,42\%$). В основном у всех гибридов, полученных на основе материнской формы ЦМС-линия Джетта, при расчете гетерозиса получены отрицательные коэффициенты, кроме комбинации с сортом Жемчуг № 55 ($\Gamma_{ист} = 9,18\%$; $\Gamma_{гип} = 14,11\%$), и она сформировала с средним за три года самое крупное зерно (39,1 г). Гибрид с данным сортом и линией Деметра также выделен как крупнозерный – 37,3 г ($\Gamma_{ист} = 12,36\%$; $\Gamma_{гип} = 31,74\%$).

Экспериментальные гибриды, полученные с использованием желтозерной ЦМС-линии АЗСК 21 и отцовских форм Ву 112, ВИР 1, ЗСК 34, ЗСК 282/14, КУ-15 и Атлант, характеризовались крупностью семян – от 33,7 до 36,5 г – в сравнении со стандартом Дюйм (29,7 г).

Неблагоприятные метеорологические условия 2021 г. привели к значительным изменениям признака «количество зерен с одной метелки». Так, в 2021 г. озерненность метелок была намного меньше и варьировала от 705,1 до 1618,2 шт. в сравнении с 2020 и 2022 гг. (1276,0–3017,2 шт. и 1129,63–2896,14 шт. соответственно). Стандарт Дюйм (1184,13 шт.) превысила по данному признаку основная часть гибридов. Большим количеством зерен с метелки характеризовались АЗСК21 х ЗСК 34 (2121,16 шт.), Джетта х ЗСК 282/14 (1737,57 шт.), Джетта х ЗСК 217 (1844,21 шт.) Джетта х ТАМ 2693 В-В (1706,82 шт.), Джетта х ТАМ 2694 В-В (1831,13 шт.) и Джетта х В-10434 (1720,34 шт.). Истинный гетерозис в интервале варьирования 75,4–168,8 % встречается у 21,8 % гибридов, созданных на основе всех трех ЦМС-линий, гипотетический – в интервале 77,7–190,1 % у 43,4 % (рис. 5).

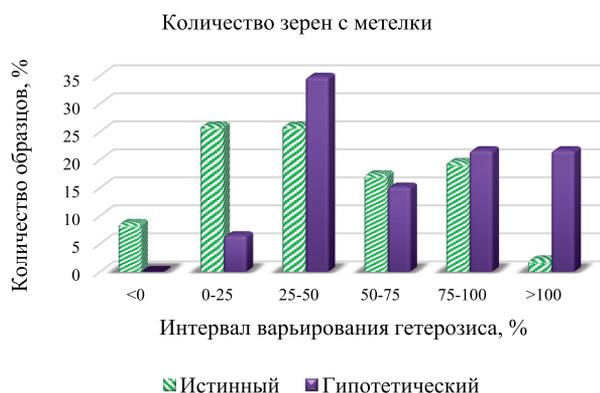


Рис. 5. Распределение гибридов F_1 по частоте проявления гетерозиса по признаку «количество зерен с метелки» (2020–2022 гг.)

Fig. 5. Distribution of F_1 hybrids by frequency of heterosis manifestation according to the trait 'number of grains per panicle' (2020–2022)

Высокий его эффект выявлен с линейей АЗСК 21 и опылителями Ву 112 (75,44 %), ЗСК 196/17 (90,67 %), КУ-15 (89,34 %), Жемчуг № 59 (86,13 %), Жемчуг № 56 (168,85 %), Лучик (86,35 %), Атлант (88,84 %); с линией Деметра и Ву 112 (94,14 %), В-10434 (68,97 %); с линией Джетта и ЗСК 196/17 (84,44 %), ЗСК 217 (78,99 %), Лучик (60,00 %), ТАМ 2694 В-В (68,87 %), и В-10434 (61,53 %). Гибриды, у которых в качестве материнской формы использовались линии АЗСК 21 и Джетта, а отцовской – ЗСК 196/17, ЗСК 217, КУ-15, Лучик, Жемчуг № 56 и Жемчуг № 59, установлена величина гипотетического гетерозиса более чем 100 %.

Выводы. Полученные результаты исследований эффекта гетерозиса гибридов первого поколения на основе ЦМС-линий по хозяй-

ственно ценным признакам сорго зернового свидетельствуют о более частом его проявлении по высоте растений, массе и количеству зерен с метелки. Максимальный показатель гетерозиса установлен по выдвинутости ножки метелки. В среднем за годы изучения все комбинации оказались раннеспелыми с продолжительностью вегетационного периода до 100 дней, а высота растения менее 120 см отмечена у 65 %. Выявлены перспективные гибриды, характеризующиеся высоким эффектом гетерозиса, на основе АЗСК 21 с образцами Ву 112, ЗСК 27/20, ЗСК 196/17, ЗСК 217, Жемчуг № 56, Жемчуг № 59; (по выдвинутости ножки метелки, количеству и массе зерен с метелки); с КУ-15, Лучик, Атлант (по количеству и массе зерен с метелки); с линией Деметра

и сортами Ву 112, Жемчуг № 55 и В-10434 (по выдвинутости ножки метелки, количеству и массе зерен с метелки); с линией Джетта и ЗСК 196/17, ЗСК 217, Аккорд, Лучик, ТАМ 2694 В-В и В-10434 (по количеству и массе зерен с метелки).

Библиографические ссылки

1. Беседа Н. А. Подбор исходного материала сорго зернового в селекции на продуктивность // Аграрный вестник Урала. 2010. № 12(79). С. 5–6.
2. Вертикова Е. А., Пыльнев В. В. Использование гетерозиса в селекции сорговых культур для условий Нижнего Поволжья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 91. С. 51–57. DOI: 10.21515/1999-1703-91-51-57
3. Ковтунова Н. А., Володин В. В. Гетерозис в селекции сахарного сорго // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1(49). С. 11–17.
4. Кибальник О. П. Использование эффекта гетерозиса в селекции сорго // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2019. № 2(51). С. 15–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24
5. Кибальник О. П. Комбинационная способность ЦМС-линий зернового сорго на основе А1, А2, А3, А4, 9Е и М-35-1А типов цитоплазматической мужской стерильности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(6). С. 651–656. DOI: 10.18699/VJ17.282
6. Костылев П. И., Костылева Л. М. Изучение продуктивности гибридов на стерильной основе зернового белозерного сорго // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 4(94). Ч. 1 С. 49–52. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.008>
7. Abreha K. B., Enyew M., Carlsson A. S., Vetukuri R. R., Feyissa T., Motlhaodi T., Ng'uni D., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // *Planta*. 2022. Vol. 255, Article number: 20. DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7
8. He S., Tang C., Wang M. L., Li S., Diallo B., Xu Yi, Zhou F., Sun L., Shi W. & Xie G. H. Combining ability of cytoplasmic male sterility on yield and agronomic traits of sorghum for grain and biomass dual-purpose use // *Industrial Crop & Products*. 2020. Vol. 157, Article number: 112894. DOI: 10.1016/j.indecrop.2020.112894
9. Kovtunova N. A., Kovtunov B. B., Popov A. S. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F1 // E3S Web of Conferences: INTERAGROMASH. 2020. Vol. 175, Article number: 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202017501012
10. Kibalnik O. P., Kukoleva S. S., Semin D. S., Efremova I. G., Starchak V. I. Evaluation of the combining ability of cms lines in crosses with samples of grain sorghum and sudan grass // *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19, № 4. P. 1781–1790. DOI: 10.15159/AR.21.120

References

1. Beseda N. A. Podbor iskhodnogo materiala sorgo zernovogo v selektsii na produktivnost' [Selection of the initial material of grain sorghum in breeding for productivity] // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2010. № 12(79). S. 5–6.
2. Vertikova E. A., Pyl'nev V. V. Ispol'zovanie geterozisa v selektsii sorgovykh kul'tur dlya uslovii Nizhnego Povolzh'ya [The use of heterosis in sorghum breeding for the conditions of the lower Volga region] // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021. № 91. S. 51–57. DOI: 10.21515/1999-1703-91-51-57
3. Kovtunova N. A., Volodin V. V. Geterozis v selektsii sakharnogo sorgo [Heterosis in sweet sorghum breeding] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2017. № 1(49). S. 11–17.
4. Kibal'nik O. P. Ispol'zovanie effekta geterozisa v selektsii sorgo [Using the effect of heterosis in sorghum breeding] // *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 2(51). S. 15–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24
5. Kibal'nik O. P. Kombinatsionnaya sposobnost' TsMS-linii zernovogo sorgo na osnove A1, A2, A3, A4, 9E i M-35-1A tipov tsitoplazmaticheskoi muzhskoi steril'nosti [Combining ability of CMS-lines of grain sorghum based on A1, A2, A3, A4, 9E and M-35-1A types of cytoplasmic male sterility.] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2017. № 21(6). S. 651–656. DOI: 10.18699/VJ17.282
6. Kostylev P. I., Kostyleva L. M. Izuchenie produktivnosti gibridov na steril'noi osnove zernovogo belozernogo sorgo [Study of the productivity of hybrids on a sterile basis of white-grain sorghum] // *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2020. № 4(94) Ch. 1 S. 49–52. DOI: 10.23670/IRJ.2020.94.4.008
7. Abreha K. B., Enyew M., Carlsson A. S., Vetukuri R. R., Feyissa T., Motlhaodi T., Ng'uni D., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // *Planta*. 2022. Vol. 255, Article number: 20. DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7
8. He S., Tang C., Wang M. L., Li S., Diallo B., Xu Yi, Zhou F., Sun L., Shi W. & Xie G. H. Combining ability of cytoplasmic male sterility on yield and agronomic traits of sorghum for grain and biomass dual-purpose use // *Industrial Crop & Products*. 2020. Vol. 157, Article number: 112894. DOI: 10.1016/j.indecrop.2020.112894
9. Kovtunova N. A., Kovtunov B. B., Popov A. S. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F1 // E3S Web of Conferences: INTERAGROMASH. 2020. Vol. 175, Article number: 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202017501012
10. Kibalnik O. P., Kukoleva S. S., Semin D. S., Efremova I. G., Starchak V. I. Evaluation of the combining ability of cms lines in crosses with samples of grain sorghum and sudan grass // *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19, № 4. P. 1781–1790. DOI: 10.15159/AR.21.120

Поступила: 01.06.23; доработана после рецензирования: 01.08.23; принята к публикации: 04.08.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Сухенко Н. Н., Ковтунов В. В. – концептуализация исследования; подготовка опыта, выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Сухенко Н. Н. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ГУСТОТА СТОЯНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЭСПАРЦЕТА

С. А. Игнатъев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

А. А. Регидин, научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

Н. С. Кравченко, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

К. Н. Горюнов, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508

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

Продолжительная вегетация и изменение погодно-климатических условий по сезонам и периодам вегетации приводят к выпадению растений эспарцета и снижению урожайности кормовой массы и семян. Выделение новых сортов с высокой адаптивностью к агроклиматическим условиям конкретного региона их выращивания, изучение закономерностей изменения различных хозяйственных признаков по годам жизни позволят провести отбор более продуктивных и адаптированных линий и форм растений эспарцета. Цель исследований – изучение густоты стояния растений сортов и новых линий эспарцета на протяжении трех лет жизни в посеве в связи с их продуктивностью. Исследования проводили в лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав ФГБНУ «АНЦ «Донской». Объектами изучения в питомнике предварительного сортоиспытания были 3 сорта эспарцета и 6 перспективных по кормовой и семенной продуктивности линий эспарцета песчаного вида. Условия юга Ростовской области позволяют получать всходы с густотой растений 309–313 шт./м² при полевой всхожести семян 75,2–80,2 %. На второй год жизни посева густота стояния растений варьировала от 198 до 251 шт./м², при этой густоте стояния растений формируется урожайность сухой массы 6,41–7,17 т/га. На третий год густота растений в сравнении с предыдущим годом существенно уменьшилась и варьировала от 109 до 127 шт./м², при этом формировалась урожайность сухой массы 6,25–7,13 т/га. Количество генеративных побегов у изучаемых сортов и линий по годам варьировало от 981 до 1244 шт./м² на второй год, при этом урожайность семян лучших линий составляла 0,90–0,95 т/га, и от 415 до 525 шт./м² на третий год жизни, при этом лучшие линии были с урожайностью семян 0,85–1,09 т/га.

Ключевые слова: эспарцет, сорт, линия, густота стояния, продуктивность, сухое вещество, семена.

Для цитирования: Игнатъев С. А., Регидин А. А., Кравченко Н. С., Горюнов К. Н. Густота стояния и продуктивность растений эспарцета // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 12–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-12-18.



STAND DENSITY AND PRODUCTIVITY OF SAINFOIN

S. A. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

A. A. Regidin, researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

N. S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and grain quality, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

K. N. Goryunov, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508

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

Prolonged vegetation and changes in weather and climatic conditions according to seasons and vegetation periods result in the loss of sainfoin plants and a decrease in productivity of forage and seeds. The identification of new varieties with high adaptability to the agroclimatic conditions of a particular region of their cultivation, the study of patterns of changes in various economic traits according to a year of life will allow selecting more productive and adapted lines and forms of sainfoin plants. The purpose of current paper was to present the study of plant density of sainfoin varieties and new lines during 3 years of life according to their productivity. The study was carried out in the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses of the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”. The objects of study in the nursery for preliminary variety testing were 3 varieties and 6 lines of sandy sainfoin that were promising for feed and seed productivity. Conditions in the south of the Rostov region made it possible to obtain seedlings with a plant density of 309–313 pcs/m² with a field seed germination rate of 75.2–80.2 %. In the second year of sowing, the plant stand density varied from 198 pcs/m² to 251 pcs/m². With such plant density there has been formed a dry mass yield of 6.41–7.17 t/ha. In the third year, the plant density compared to the previous year decreased significantly and varied from 109 pcs/m² to 127 pcs/m², while the dry mass yield was formed at 6.25–7.13 t/ha. The number of gen-

erative shoots in the studied varieties and lines varied over the years from 981 pcs/m² to 1244 pcs/m² in the second year, while the seed productivity of the best lines was 0.90–0.95 t/ha, and from 415 pcs/m² to 525 pcs/m² in the third year of life, while the best lines had a seed yield of 0.85–1.09 t/ha.

Keywords: sainfoin, variety, line, stand density, productivity, dry matter, seeds.

Введение. По наличию некоторых морфобиологических признаков и свойств эспарцет (*Onobrychis Adans.*) является одной из биологически сложных культур в растениеводстве (Золотарев и др., 2019; Зотиков и Вилюнов, 2021). Сравнительно небольшой срок нахождения его в культуре и селекционных работ с ним еще не позволили устранить отрицательные признаки диких его сородичей – осыпание семян на корню и в валках, израстание и слабая морозо-зимостойкость при возделывании в чистом посеве (Сапрыкин и др., 2020).

Продолжительная вегетация (2–3 года) и изменение погодно-климатических условий по сезонам и периодам вегетации приводит к выпадению растений эспарцета и снижению урожайности кормовой массы и семян (Гасиев и др., 2017; Воронин и др., 2018).

Повышение кормовой и семенной продуктивности новых сортов эспарцета селекционным путем связано с их устойчивостью к изменению погодных факторов в течение нескольких лет жизни растений. Выделение новых сортов с высокой адаптивностью к агроклиматическим условиям конкретного региона их выращивания, изучение закономерностей изменения различных хозяйственных признаков, в частности, густоты растений по годам жизни, позволят провести отбор более продуктивных и адаптированных линий и форм растений эспарцета (Kapustin et al., 2018; Raza et al., 2019; Regidin and Ignatiev, 2021).

Целью исследований было изучение густоты стояния растений сортов и новых линий эспарцета на протяжении трех лет жизни в посевах в связи с их продуктивностью.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в 2018–2021 годах. Объектами изучения в питомнике предварительного сортоиспытания были три сорта эспарцета – Зерноградский 2, Велес, Атаманский 20, и 6 перспективных по кормовой и семенной продуктивности линий эспарцета песчаного вида. Стандартом служил засухоустойчивый и с высоким качеством корма сорт эспарцета песчаного вида Зерноградский 2, допущенный к использованию в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах РФ. Исследования проводили в севообороте лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав ФГБНУ «АНЦ «Донской». Почвенный покров участка – чернозем обыкновенный, мощный, карбонатный. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см – 3,4 %, подвижного фосфора – 18 мг/кг, обменного калия – 320 мг/кг почвы. Опыт высевался согласно Методическим указаниям по селекции многолетних трав (1985). Площадь делянки – 20 м², повторность 4-кратная. Посев проводили сеялкой ССФК-7.

Норма высева – 4 млн всхожих семян на 1 га (в весовом отношении это составляло 80 кг/га). Семена всех изучаемых сортов и линий соответствовали сортовым и посевным качествам (ГОСТ Р 52325-2005). В год посева (1-й год жизни) проводили фенологические наблюдения, подсчет густоты растений в фазу полных всходов и уходные мероприятия за посевом – послепосевное прикатывание, обработка гербицидом Корсар в дозе 1,5 л/га при расходе раствора 200 л/га, летнее и осеннее подкашивание сорной растительности (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 2019). В последующие годы использования на посевах проводили ранневесеннее боронование и бигование, в фазу стеблевания – обработку гербицидом. Со второго года жизни посева выполняли фенологические и биометрические наблюдения и учеты. Уборку зеленой массы проводили вручную в фазу начала цветения растений эспарцета на делянках площадью 2 м² с одновременным отбором образца для определения облиственности растений и биохимического анализа. Содержание сухого вещества определяли по ГОСТ 31640-2012. Семена убирали поделочно комбайном Wintersteiger Classic прямым комбайнированием при побурении 90–95 % бобов на растении и с последующей обработкой посева десикантом Голден Ринг в дозе 3 л/га и расходе раствора 250–300 л/га.

Обработкой результатов выполняли с использованием Excel и Statistica 10.0.

За счет осенне-зимних осадков всходы растений эспарцета, весеннее отрастание и стебление проходили в благоприятных условиях. С мая по сентябрь вегетация эспарцета протекала в условиях недостатка осадков. Их количество составляло 55–83 % от средней многолетней нормы (268 мм). Дефицит осадков во второй половине вегетации приводил к задержке начала осенней вегетации. Этот же период проходил на фоне высоких среднесуточных температур воздуха: в августе на 2,4 °С, в сентябре на 2,7 °С выше среднемноголетних. Складывавшиеся погодно-климатические условия позволили оценить динамику изменения по годам густоты растений и продуктивность перспективных линий эспарцета.

Результаты и их обсуждение. Анализ основных изученных признаков сортов и выделенных новых линий эспарцета показал, что средневзвешенные среднесортные величины сроков начала весенней вегетации (24.03), фазы начала цветения растений (18.05) и полного созревания семян (2.07) близки к стандарту Зерноградский 2, а различия между сортами и новыми линиями незначительны (табл. 1).

Таблица 1. Фазы развития, высота, облиственность, продолжительность основных периодов развития растений эспарцета (2018–2021 гг.)
Table 1. Development phases, height, foliage, duration of the main periods of development of sainfoin plants (2018–2021)

Сорт/линия	Весеннее отрастание	Начало цветения	Созревание семян	Высота растений, см	Облиственность, %	Продолжительность периода, дней	
						весеннее отрастание–начало цветения	весеннее отрастание–созревание семян
Зерноградский 2, st	25.03	17.05	3.07	103	39	52	100
Велес	25.03	17.05	2.07	110	41	53	102
Атаманский 20	25.03	18.05	1.07	108	40	53	102
Син 8/95/2	25.03	18.05	3.07	109	39	52	100
ГИА 4	23.03	18.05	1.07	115	38	53	102
ГИА 5	25.03	17.05	3.07	112	40	52	101
ГИА 11	23.03	18.05	1.07	112	39	55	103
Син 5/2010	23.03	19.05	4.07	109	42	55	102
Син 3/2010	25.03	17.05	3.07	110	41	53	103
НСР ₀₅	–	–	–	7,1	2,1	–	–
Среднее	24.03	18.05	2.07	110	40	53	102

Такая же закономерность для изучаемых сортов и линий эспарцета отмечалась по важным хозяйственным признакам – высота растений в начале цветения, облиственность растений и продолжительность периодов от начала весеннего отрастания до цветения и полного созревания семян.

Наибольшая высота растений (115 см) и наименьшая облиственность (38 %) отмечались у линии ГИА 4. Более высокой облиственностью (42 %) выделялась линия Син 5/2010 при высоте растений 109 см. У стандарта Зерноградский 2 облиственность составляла 39 %, а высота растений 103 см. Среднесортные величины составляли при этом для высоты растений 110 см, облиственности – 40 %. Достоверно

превосходили стандарт по высоте растений линии ГИА 4 (115 см), ГИА 5 (112 см) и ГИА 11 (112 см), а по облиственности растений – Син 5/2010 (42 %).

Менее продолжительными периодами от начала весеннего отрастания до цветения (52 дня) и полной спелости семян (100 дней) отличались стандарт Зерноградский 2 и Син 8/95/2. Наиболее продолжительными они были у линии ГИА 11, соответственно 55 и 103 дня, при этом среднесортные их величины составляли 53 и 102 дня.

Наблюдения за динамикой густоты растений сортов и новых линий эспарцета по годам посева и их жизни выявили определенную закономерность (табл. 2).

Таблица 2. Густота растений эспарцета в зависимости от года жизни (2018–2021 гг.)
Table 2. Density of sainfoin plants depending on a year of life (2018–2021)

Сорт/линия	Количество растений на 1 м ² , шт./Доля от нормы высева, %					
	Посев 2018 года			Посев 2019 года		
	полные всходы	2-й год жизни	3-й год жизни	полные всходы	2-й год жизни	3-й год жизни
Зерноградский 2, st	<u>301</u> 75,2	<u>241</u> 60,2	<u>121</u> 30,2	<u>315</u> 78,8	<u>198</u> 49,5	<u>110</u> 27,5
Велес	<u>312</u> 78,0	<u>250</u> 62,5	<u>132</u> 33,0	<u>310</u> 77,5	<u>201</u> 50,2	<u>113</u> 28,2
Атаманский 20	<u>308</u> 77,0	<u>240</u> 60,0	<u>119</u> 29,8	<u>321</u> 80,2	<u>217</u> 54,2	<u>119</u> 29,8
Син 8/95/2	<u>302</u> 75,5	<u>252</u> 63,0	<u>127</u> 31,8	<u>302</u> 75,5	<u>199</u> 49,8	<u>112</u> 28,0
ГИА 4	<u>309</u> 77,2	<u>238</u> 59,5	<u>123</u> 30,8	<u>306</u> 76,5	<u>204</u> 51,0	<u>109</u> 27,2
ГИА 5	<u>314</u> 78,5	<u>245</u> 61,2	<u>121</u> 30,2	<u>312</u> 78,0	<u>213</u> 53,2	<u>111</u> 27,8
ГИА 11	<u>319</u> 79,8	<u>240</u> 60,0	<u>118</u> 29,5	<u>315</u> 78,8	<u>217</u> 54,2	<u>119</u> 29,8
Син 5/2010	<u>309</u> 77,2	<u>251</u> 62,8	<u>115</u> 28,8	<u>318</u> 79,5	<u>206</u> 51,5	<u>114</u> 28,5
Син 3/2010	<u>311</u> 77,8	<u>238</u> 59,5	<u>120</u> 30,0	<u>317</u> 79,2	<u>209</u> 52,2	<u>115</u> 28,8
Среднее	<u>309</u> 77,4	<u>244</u> 61,0	<u>122</u> 31,6	<u>313</u> 78,2	<u>207</u> 53,2	<u>114</u> 29,2
НСР ₀₅	14	11	7	12	9	8

Примечание. * в числителе – количество растений на 1 м², шт.; в знаменателе – % от нормы высева.

В фазу полных всходов на 1 м² количество растений по годам посева варьировало от 301 до 321 шт./м², а полевая всхожесть по сортам и линиям эспарцета варьировала от 75,2 до 80,2 %. Такая полевая всхожесть сортов и линий эспарцета может быть оценена как достаточно высокая, так как полевая всхожесть в условиях юга области составляет в зависимости от репродукции семян озимой пшеницы 89,5–94,2 % (Филенко и др., 2019), ярового ячменя – 78–93 % (Скворцова и др., 2018).

Среднесортные величины густоты растений составляли по годам посева 309 и 313 шт./м² (при среднесортной полевой всхожести 77,4 и 78,2 % соответственно). Таким образом, складывающиеся условия в посевной и последующий период позволяют получать плотные посевы эспарцета при достаточно высокой полевой всхожести семян.

На второй год жизни в фазу весеннего отрастания количество сохранившихся растений варьировало от 238 до 251 шт./м² (посев 2018 г.) и от 198 до 217 шт./м² (посев 2019 г.), что составляло от высеванных семян 59,5–62,8 и 49,5–54,2 % соответственно. Среднесортные величины густоты растений при этом составляли 244 и 207 шт./м², или 61,0 и 53,2 % от высеван-

ных семян соответственно.

На третий год жизни количество растений еще уменьшилось и составляло по изучаемым сортам и линиям 115–127 шт./м² (в посеве 2018 г.) и 109–119 шт./м² (в посеве 2019 г.). По сравнению с предыдущим годом жизни уменьшение количества растений колебалось около 50 %. Среднесортная густота на третий год жизни составляла по посевам 122 и 114 шт./м². Между изучаемыми сортами и линиями эспарцета по густоте стояния растений математическая обработка не выявила достоверных различий.

Урожайность кормовой массы и семян многолетних трав, и эспарцета в том числе, определяется количеством генеративных и вегетативных побегов. В фазу цветения количество генеративных побегов в посеве 2018 г. на второй год жизни варьировало от 986 шт./м² у линии Син 3/2010 до 1244 шт./м² у линии Син 8/95/2, а количество вегетативных побегов по сортам и линиям в этом посеве варьировало от 14 до 38 шт./м². Линия Син 8/95/2 в этом учете по количеству генеративных побегов достоверно превосходила все изучаемые сорта и линии (табл. 3)

Таблица 3. Количество побегов растений эспарцета в фазу цветения, шт./м² (2018–2021 гг.)
Table 3. Number of shoots of sainfoin plants during the flowering phase, pcs/m² (2018–2021)

Сорт/линия	Посев 2018 года					
	2-й год жизни			3-й год жизни		
	генеративных	вегетативных	сумма	генеративных	вегетативных	сумма
Зерноградский 2, st	1002	34	1036	424	0	424
Велес	979	31	1010	525	10	535
Атаманский 20	1020	36	1056	445	8	453
Син 8/95/2	1224	58	1282	438	11	449
ГИА 4	993	37	1030	439	6	445
ГИА 5	1009	29	1038	495	7	502
ГИА 11	1150	27	1177	509	0	509
Син 5/2010	1046	33	1079	501	0	501
Син 3/2010	986	14	1000	524	0	524
НСР ₀₅	69	4	85	31	–	39
Сорт/линия	Посев 2019 года					
	2-й год жизни			3-й год жизни		
	генеративных	вегетативных	сумма	генеративных	вегетативных	сумма
Зерноградский 2, st	793	17	810	415	0	415
Велес	864	0	864	507	0	507
Атаманский 20	897	6	903	501	3	504
Син 8/95/2	948	11	959	457	0	457
ГИА 4	912	9	921	240	215	455
ГИА 5	966	13	979	492	3	495
ГИА 11	964	11	975	475	5	480
Син 5/2010	1133	17	1150	477	9	486
Син 3/2010	1006	16	1022	503	7	510
НСР ₀₅	58	2	62	45	–	49

В посеве 2019 г. во второй год жизни количество генеративных побегов варьировало от 793 шт./м² у сорта Зерноградский 2 до 1133 шт./м² у линии Син 5/2010, и эта линия достоверно по этому показателю превосхо-

дила все изучаемые сорта и линии эспарцета. Число вегетативных побегов в этом посеве второго года жизни варьировало от 9 до 17 шт./м².

На третий год жизни посевов количество генеративных побегов в обоих посевах

существенно уменьшилось и варьировало от 415 шт./м² (Зерноградский 2) до 525 шт./м² (Велес). Достоверно более высоким, чем у стандарта, количеством генеративных побегов выделялись в посеве 2018 г. сорт Велес (525 шт./м²), линия ГИА 5 (495 шт./м²), ГИА 4 (509 шт./м²), Син 5/2010 (501 шт./м²), Син 3/2010 (524 шт./м²), а в посеве 2019 г. – сорт Велес (507 шт./м²), Атаманский 20 (501 шт./м²), ГИА 5 (492 шт./м²), ГИА 11 (475 шт./м²), Син 5/2010 (477 шт./м²), Син 3/2010 (503 шт./м²). В посевах третьего года жизни изучаемые сорта и линии либо по большей части не имели вегетативных побегов, либо их количество составляло от 3 до 10 шт./м².

Урожайность сухого вещества и семян изучаемых сортов и линий эспарцета является итоговым показателем их роста и развития на протяжении всего периода использования посева. Более высокую урожайность сухой массы они формировали на второй год жизни. Это подтверждается большей среднесортной урожайностью по годам жизни посевов – в 2018 г. она равнялась 6,92 т/га, в посеве 2019 г. – 6,99 т/га, тогда как на третий год жизни она составляла соответственно 6,79 и 6,68 т/га (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность сухого вещества сортов и линий эспарцета (2019–2021 гг.)
Table 4. Dry matter productivity of sainfoin varieties and lines (2019–2021)

Сорт/линия	Урожайность сухого вещества, т/га				средняя
	Посев 2018 года		Посев 2019 года		
	2-й год жизни	3-й год жизни	2-й год жизни	3-й год жизни	
Зерноградский 2, st	6,41	6,25	6,52	6,34	6,38
Велес	6,56	6,53	6,93	6,33	6,59
Атаманский 20	6,95	6,92	6,87	6,54	6,82
Син 8/95/2	7,03	6,94	6,98	6,52	6,87
ГИА 4	7,21	7,12	7,19	6,87	7,10
ГИА 5	6,73	6,54	7,15	7,10	6,88
ГИА 11	7,08	6,63	6,98	6,52	6,80
Син 5/2010	7,11	7,09	7,17	7,12	7,12
Син 3/2010	7,22	7,13	7,16	6,91	7,11
Средняя по учету	6,92	6,79	6,99	6,69	–
НСР ₀₅	0,51	0,46	0,55	0,37	–

Достоверно более высокая урожайность сухой массы, чем у стандарта (6,41 т/га), на второй год жизни получена в посеве 2018 г. у линий Син 8/95/2 (7,03 т/га), ГИА 4 (7,21 т/га), ГИА 11 (7,08 т/га), Син 5/2010 (7,09 т/га), Син 3/2010 (7,22 т/га). На третий год жизни стандарт (6,25 т/га) превышали Син 8/95/2 (6,94 т/га), ГИА 4 (7,12 т/га), Син 5/2010 (7,09 т/га) и Син 3/2010 (7,13 т/га). В посеве 2019 г. на второй и третий годы жизни по урожайности сухой массы выделились ГИА 4 (7,19 и 6,87 т/га), ГИА 5 (7,15 и 7,10 т/га), Син 5/2010 (7,17 и 7,12 т/га), Син 3/2010 (7,16

и 6,91 т/га) при урожайности стандарта Зерноградский 2 6,52 т/га и 6,34 т/га соответственно. Эти же линии по урожайности сухой массы выделились и в среднем за 4 года изучения.

Продуктивность семян изучаемых сортов и новых линий эспарцета практически всегда достоверно превосходила стандарт. По годам урожайность семян стандарта Зерноградский 2 варьировала от 0,68 до 0,79 т/га, а новых линий – от 0,76 до 1,09 т/га (табл. 5).

Таблица 5. Семенная продуктивность сортов и линий эспарцета (2019–2021 гг.)
Table 5. Seed productivity of sainfoin varieties and lines (2019–2021)

Сорт/линия	Урожайность семян, т/га				средняя
	Посев 2018 года		Посев 2019 года		
	2-й год жизни	3-й год жизни	2-й год жизни	3-й год жизни	
Зерноградский 2, st	0,79	0,68	0,69	0,78	0,74
Велес	0,82	0,76	0,79	0,83	0,80
Атаманский 20	0,92	0,81	0,82	0,86	0,85
Син 8/95/2	0,90	0,85	0,86	0,84	0,86
ГИА 4	0,93	0,95	0,88	0,90	0,92
ГИА 5	0,85	0,95	0,79	0,88	0,87
ГИА 11	0,89	0,93	0,83	0,86	0,88
Син 5/2010	0,79	1,08	0,89	0,85	0,90
Син 3/2010	0,90	1,09	0,90	0,88	0,94
Средняя по учету	0,87	0,90	0,83	0,85	0,86
НСР ₀₅	0,07	0,08	0,06	0,05	–

Наибольшая урожайность семян получена у линий Син 3/2010 (1,09 т/га) и Син 5/2010 (1,08 т/га) на третий год жизни посева 2018 года. Меньшей, но достаточно высокой урожайностью семян (0,93–0,95 т/га) выделялись линии ГИА 11, ГИА 5 и ГИА 4. Большей урожайностью семян на третий год жизни эти же линии выделялись и в посеве 2019 года.

В посеве 2018 г. на третий год жизни получена наибольшая среднесортная урожайность семян (0,90 т/га). На второй год жизни в этом же посеве она была (0,86 т/га) несколько ниже, но превышала среднесортную урожайность семян в посеве 2019 г. (0,83 и 0,85 т/га соответственно). В среднем же за 4 года урожайность семян новые линии формировали достоверно большую, чем стандарт Зерноградский 2 и изучаемые сорта эспарцета. Над стандартом урожайность лучших линий ГИА 4 (0,92 т/га), ГИА 11 (0,88 т/га), Син 5/2010 (0,90 т/га), Син 3/2010 (0,94 т/га) была выше на 18,9–27,0 %. Урожайность семян стандарта в среднем за 4 года равнялась 0,74 т/га. Корреляционный анализ позволил выявить важные в хозяйственном и селекционном отношении связи между некоторыми признаками изучаемых сортов и линий. Так, выявлена средняя положительная связь суммы стеблей (генеративных + вегетативных) с урожайностью сухой массы ($r = 0,613 \pm 0,23$) и количеством генеративных стеблей с урожайностью семян ($r = 0,424 \pm 0,28$), а также сильная связь урожайности сухого вещества с урожайностью семян ($r = 0,968 \pm 0,09$) при уровне значимости 5 %.

Выводы. При весеннем посеве складывающиеся условия на юге Ростовской области позволяют получать плотные всходы с густотой растений 309–313 шт./м² при полевой всхожести семян 75,2–80,2 % и норме высева 4,0 млн всхожих семян на 1 га.

Между изучаемыми сортами и линиями по густоте стояния растений достоверных различий не установлено.

На второй год жизни посева густота стояния растений сортов эспарцета варьировала от 198 до 251 шт./м², что от количества семян составляло 49,5–62,8 %. При этой густоте стояния растений формируется урожайность сухой массы 6,41–6,52 т/га у стандарта, а у лучших линий – 7,08–7,17 т/га.

На третий год густота растений эспарцета в сравнении с предыдущим годом существенно уменьшилась и варьировала от 109 до 127 шт./м² и составляла от высеянных семян 27,2–33,0 %. Стандарт при этом формировал урожайность сухой массы 6,25–6,34 т/га, а более урожайные линии – 6,91–7,13 т/га.

Количество генеративных побегов у изучаемых сортов и новых линий эспарцета по годам варьировало от 981 до 1244 шт./м² на второй год и от 415 до 525 шт./м² на третий год жизни. При наличии такого количества генеративных побегов на второй год жизни получено у более продуктивных линий 0,90–0,95 т/га семян, на третий год жизни лучшие линии были с урожайностью 0,85–1,09 т/га. В среднем за 4 года линии эспарцета с более высокой семенной продуктивностью превосходили стандарт на 18,9–27,0 %.

Библиографические ссылки

1. Воронин А.Н., Соловиченко В.Д., Никитин В.В. Реакция эспарцета на различные способы основной обработки почвы // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 6. С. 18–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10604
2. Гасиев В.И., Бекузарова С.А., Калоев Б.С., Осикина Р.В. Продуктивность эспарцета в зависимости от норм высева и способов посева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54, № 2. С. 37–43.
3. Золотарев В.Н., Иванов И.С., Сапрыкин С.В., Чекмарева А.В. Биологические особенности и технология возделывания эспарцета песчаного на семена в степной зоне Центрально-Черноземного региона в условиях аридизации климата // Кормопроизводство. 2019. № 8. С. 19–27.
4. Зотиков В.И., Вилюнов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 4. С. 381–387. DOI: 10.18699/vj21.041
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. Вып. 2, 250 с.
6. Сапрыкин С.В., Золотарев В.Н., Иванов И.С., Сапрыкина Н.В., Лабинская Р.М. Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России. Воронеж: Воронежская областная типография, 2020. 496 с.
7. Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Филиппов Е.Г. Влияние фракционного состава и протравителей на посевные качества семян ярового ячменя. Зерновое хозяйство России. 2018. № 2. С. 46–50. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-56-2-46-50>
8. Филенко Г.А., Марченко Д.М., Скворцова Ю.Г., Кравченко Н.С., Фирсова Е.В. Урожайные, сортовые и посевные качества семян озимой пшеницы в зависимости от репродукции // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1 (61). С. 10–13. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-61-1-10-13>
9. Kapustin S., Volodin A., Kravtsov V., Lebedeva N., Kapustin A. The combinational capacity of the lines and the level of heterosis in the hybrids of grain sorghum // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2018. Vol. 9, № 4. P. 1547–1556. DOI: 10.25930/6rnw-xk55
10. Raza A., Razzag A., Mehmood S.S., Zou X., Zhang X., Lv Y. Xu. J Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review // Plants (Basel). 2019. Vol. 8(2), Article number: 34. DOI: 10.3390/plants8020034
11. Regidin A., Ignatiev S. The study of the sources of valuable economic and biological traits in the collection nursery of sainfoin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937, Article number: 022124. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022124

References

1. Voronin A. N., Solovichenko V. D., Nikitin V. V. Reaktsiya espartseta na razlichnye sposoby osnovnoi obrabotki pochvy [Reaction of sainfoin to various methods of basic tillage] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32, № 6. S. 18–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10604
2. Gasiev V. I., Bekuzarova S. A., Kaloiev B. S., Osikina R. V. Produktivnost' espartseta v zavisimosti ot norm vyseva i sposobov poseva [Sainfoin productivity depending on seeding rates and sowing methods] // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. T. 54, № 2. S. 37–43.
3. Zolotarev V. N., Ivanov I. S., Saprykin S. V., Chekmareva A. V. Biologicheskie osobennosti i tekhnologiya vozdel'yvaniya espartseta peschanogo na semena v stepnoi zone Tsentral'no-Chernozemnogo regiona v usloviyakh aridizatsii klimata [Biological features and technology for cultivating sandy sainfoin for seeds in the steppe zone of the Central Black Earth region under climate aridity] // Kormoproizvodstvo. 2019. № 8. S. 19–27.
4. Zotikov V. I., Vilyunov S. D. Sovremennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii [Modern breeding of leguminous and cereal crops in Russia] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2021. T. 25, № 4. S. 381–387. DOI: 10.18699/vj21.041
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M., 2019. Vyp. 2, 250 s.
6. Saprykin S. V., Zolotarev V. N., Ivanov I. S., Saprykina N. V., Labinskaya R. M. Nauchnye osnovy selektsii i semenovodstva mnogoletnikh trav v Tsentral'no-Chernozemnom regione Rossii [Scientific basis for breeding and seed production of perennial grasses in the Central Black Earth region of Russia], Voronezh: Voronezhskaya oblastnaya tipografiya, 2020. 496 s.
7. Skvortsova Yu. G., Filenko G. A., Firsova T. I., Filippov E. G. Vliyanie fraktsionnogo sostava i protravitelei na posevnye kachestva semyan yarovogo yachmenya [The effect of fractional composition and disinfectants on the sowing qualities of spring barley seeds] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 2. S. 46–50. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-56-2-46-50>
8. Filenko G. A., Marchenko D. M., Skvortsova Yu. G., Kravchenko N. S., Firsova E. V. Urozhainye, sortovye i posevnye kachestva semyan ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot reproduktivnosti [Productive, varietal and sowing qualities of winter wheat seeds depending on reproduction] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 1 (61). S. 10–13. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-61-1-10-13>
9. Kapustin S., Volodin A., Kravtsov V., Lebedeva N., Kapustin A. The combinational capacity of the lines and the level of heterosis in the hybrids of grain sorghum // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2018. Vol. 9, № 4. P. 1547–1556. DOI: 10.25930/6rnw-xk55
10. Raza A., Razzag A., Mehmood S. S., Zou X., Zhang X., Lv Y. Xu. J Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review // Plants (Basel). 2019. Vol. 8(2), Article number: 34. DOI: 10.3390/plants8020034
11. Regidin A., Ignatiev S. The study of the sources of valuable economic and biological traits in the collection nursery of sainfoin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937, Article number: 022124. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022124

Поступила: 18.08.23; доработана после рецензирования: 07.09.23; принята к публикации: 08.09.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Игнатъев С. А., Регидин А. А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Кравченко Н. С. – анализ результатов биохимической оценки; Горюнов К. Н. – наблюдение и учеты полевых опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.11:631.5

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-19-23

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА НА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

Л. К. Бутковская¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства, lidabut16@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-9588-1071;

О. К. Крылова², кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, kryilova_ok@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4071-4230;

В. Е. Мудрова¹, научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства, mudrova1969@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0002-2041-2657

¹Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН,

660041, Красноярский край, г. Красноярск, пр-кт Свободный, д. 66; e-mail: secretary@sh.krasn.ru;

²Сибирский государственный университет науки и технологий

имени академика М. Ф. Решетнева,

660037, Красноярский край, г. Красноярск, пр-кт им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31;

e-mail: info@sibsau.ru

Цель работы: оценить влияние сроков посева на продолжительность вегетационного периода и посевные качества сортов яровой пшеницы различных групп спелости. Опыты проводили с 2018 по 2020 год. Исследовали шесть сортов: среднеранние – Алтайская 70, Новосибирская 29, Тулунская 12; среднеспелые – Красноярская 12, Курагинская 2; среднепоздний – Свирель. Изучали два срока посева: оптимальный – 15 мая, поздний – 22 мая. Посевы опытов осуществляли сеялкой ССФК-7, уборку проводили комбайном Хега, зерно просушивали, очищали на Петкусе, взвешивали, всхожесть согласно ГОСТ 12036-66. Предшественник – чистый пар. Учетная площадь делянок 10 м², повторность трехкратная. При позднем сроке посева прослеживалось сокращение периода «всходы–колошение»: у среднепозднего сорта пшеницы Свирель на 4 дня, у среднеспелых сортов Курагинская 2 и Красноярская 12 – на 2 дня, у среднеранних сортов Алтайская 70, Тулунская 12, Новосибирская 29 данный период не изменялся. Продолжительность периода «колошение–созревание» у среднеранних сортов пшеницы составила 34–36 дней, среднеспелых – 36 дней и у среднепозднего сорта Свирель – 40 дней. Сорта Тулунская 12, Новосибирская 29 и Алтайская 70 увеличивали урожайность на 0,2–0,6 т/га при позднем сроке посева, среднеспелые сорта Курагинская 2, Красноярская 12 и среднепоздний Свирель увеличивали урожайность на 0,3–0,5 т/га в ранний срок. Необходимо отметить, что аналогично урожайности сортов изменялась масса 1000 зерен. У среднеранних сортов данный показатель увеличивался в поздний срок посева, у средне- и позднеспелых – в ранний. Рекомендуемый срок посева яровой пшеницы в условиях Красноярского края для среднеранних сортов на семена – начало третьей декады мая при сумме активных температур 190 °С; для средне- и позднеспелых сортов – середина второй декады мая при сумме активных температур 150 °С.

Ключевые слова: сорта яровой пшеницы, сроки посева, продолжительность вегетационного периода, группы спелости, посевные качества, урожайность, масса 1000 зерен, всхожесть.

Для цитирования: Бутковская Л. К., Крылова О. К., Мудрова В. Е. Влияние сроков посева на вегетационный период сортов яровой пшеницы различных групп спелости // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 19–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-19-23.



THE EFFECT OF SOWING DATES ON A VEGETATION PERIOD OF SPRING WHEAT VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY GROUPS

L. K. Butkovskaya¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for primary seed production, lidabut16@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-9588-1071;

O. K. Krylova², Candidate of technical Sciences, docent associate professor of the department of life safety, kryilova_ok@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4071-4230;

V. E. Mudrova¹, researcher of the laboratory for primary seed production, mudrova1969@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0002-2041-2657

¹Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,

660041, Krasnoyarsky Kray, Pr. Svobodny, 66; e-mail: secretary@sh.krasn.ru;

²Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,

660037, Krasnoyarsky Kray, Krasnoyarsk, 31, Krasnoyarsky Rabochy Ave.; e-mail: info@sibsau.ru

The purpose of the current work was to estimate the effect of sowing dates on a length of a vegetation period and the sowing qualities of spring wheat varieties of different maturity groups. The trials were carried out from 2018 to 2020. There have been studied such six varieties as middle-early varieties 'Altaiskaya 70', 'Novosibirskaya 29', 'Tulunskaya 12', Krasnoyarskaya 12, the middle-maturing variety 'Kuraginskaya 2', the middle-late variety 'Svirel'. There have been studied such two sowing dates as optimal in May 15, and late in May 22. The sowing trials were carried out with a seeder SSFC – 7. Harvesting was carried out with the combine 'Hege'. The grain was dried, cleaned on 'Petkus', and weighed. The germination was estimated according to GOST 12036-66. Grain crops were sown in weedfree fallow. The counting area of the plots was 10 m², with three repetitions. When sown in late dates, the 'sprouting-ear formation' period reduced on 4 days for the middle-late wheat variety 'Svirel', on 2 days for the middle-maturing varieties 'Kur-

aginskaya 2' and 'Krasnoyarskaya 12', for the middle-early varieties 'Altayskaya 70', 'Tulunskaya 12', 'Novosibirskaya 29' this period did not change. The length of the period 'ear formation-maturity' period for middle-early wheat varieties was 34–36 days, for middle-maturing varieties it lasted 36 days, and for the middle-late variety 'Svirel' it was 40 days. The varieties 'Tulunskaya 12', 'Novosibirskaya 29' and 'Altayskaya 70' increased their productivity on 0.2–0.6 t/ha at a late sowing date, the middle-maturing varieties 'Kuraginskaya 2', 'Krasnoyarskaya 12' and the middle-late variety 'Svirel' increased their productivity on 0.3–0.5 t/ha at an early sowing date. There should be noted that 1000-grain weight changed similarly to the productivity of varieties. This indicator of the middle-early varieties increased in the late sowing date, and that of middle- and late-maturing varieties in the early sowing date. The recommended period for sowing spring wheat in the conditions of the Krasnoyarsk Territory for middle-early varieties for seeds is the beginning of the third ten days of May with a sum of active temperatures of 190 °C; for middle- and late-maturing varieties it is the middle of the second ten days of May at a sum of active temperatures of 150 °C.

Keywords: spring wheat varieties, sowing dates, length of a vegetation period, maturity groups, sowing qualities, productivity, 1000-grain weight, germination.

Введение. Вегетационный период – это время развития и активного роста растения. Он начинается с прорастания семени и завершается полным развитием вегетативных органов (созреванием). На длительность вегетационного периода влияют множество факторов: температурные показатели и их колебания, количество осадков, длительность светового дня, географические и погодные условия.

В условиях короткого вегетационного периода и засушливого климата в лесостепных зонах Восточной Сибири правильно выбранный сорт и его сроки посева определяют величину урожая. Несмотря на изученность данных агротехнических приемов, в литературе нет однозначного ответа на вопрос о сроках посева зерновых яровых культур. Многие исследования указывают на целесообразность использования ранних сроков посева, так как поздние не всегда гарантируют получение полноценного урожая.

В Красноярском крае несколько агроклиматических зон – подтайга, лесостепь и степь. Каждой зоне присуща своя специфика температурного и водного режимов, а также почвенного покрова, поэтому нужно подбирать сорта по продолжительности вегетационного периода и другим хозяйственно ценным признакам. Кроме того, в посевах необходимо сочетание сортов разных групп спелости (Селекция и семеноводство полевых культур в Красноярском крае, 1988).

При сравнении сортов различных групп спелости установлено, что поздние сорта дают лучшие результаты при относительно ранних сроках сева, тогда как ранние – при позднем сроке.

Яровая пшеница является культурой с самым ранним сроком посева. Запаздывание с посевом в большинстве районов приводит к снижению урожайности и полевой всхожести на 10–20 %.

Хотя оптимальные сроки посева пшеницы для определенных почвенно-климатических зон установлены и научно обоснованы, тем не менее знание реакции растений отдельных генотипов на ранние или поздние сроки посева позволяет оптимизировать посевную кампанию (Andarzian et al., 2015; Бутковская и др., 2018; Nakala et al., 2020).

Цель работы: оценить влияние сроков посева на продолжительность вегетационного

периода и посевные качества сортов яровой пшеницы различных групп спелости.

Материалы и методы исследований.

Агротехнические опыты проводили на опытных полях Красноярского НИИСХ в д. Минино Емельяновского района Красноярского края в течение трех лет – в 2018, 2019 и 2020 годах.

Для исследований было взято шесть сортов яровой пшеницы.

Алтайская 70. Оригинаторы: ФГБНУ «ФАНЦА», АО «КСС», ФИЦ КНЦ СО РАН, ООО «Пуциловское». Разновидность лютеценс. Среднеранний, вегетационный период 73–87 дней. Масса 1000 зерен 32–45 г. Ценная пшеница. Сорт восприимчив к твердой головне, септориозу, корневым гнилям; сильно восприимчив к бурой ржавчине и мучнистой росе. В полевых условиях сильно поражен пыльной головней.

Новосибирская 29. Оригинаторы: СибНИИРС – филиал ИЦИГ СО РАН, ОАО «Птицефабрика Заря», ФГУП «Михайловское», ООО «ОПХ Соляное». Разновидность лютеценс. Среднеранний, вегетационный период 80–90 дней. Масса 1000 зерен 36–43 г. Среднезасухоустойчив. Ценная пшеница. Сорт восприимчив к твердой головне и стеблевой ржавчине. Сильно восприимчив к бурой ржавчине, мучнистой росе и септориозу.

Тулунская 12. Оригинатор – Иркутский НИИСХ. Разновидность лютеценс. Масса 1000 зерен 32–43 г. Среднеранний, созревает одновременно или на 2–3 дня раньше Скалы. Сорт интенсивного типа. Сильная пшеница.

Красноярская 12. Оригинаторы: Филиал ФГБУ «Госсорткомиссия» по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва, ФИЦ КНЦ СО РАН. Разновидность лютеценс. Среднепоздний, вегетационный период 85–97 дней. Масса 1000 зерен 35–39 г. Среднезасухоустойчив. Хлебопекарные качества на уровне филлера. В полевых условиях бурой ржавчиной поражен средне, пыльной головней – сильно.

Курагинская 2. Оригинаторы: Филиал ФГБУ «Госсорткомиссия» по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва, ФИЦ КНЦ СО РАН. Разновидность эритроспермум. Среднепоздний, вегетационный период 86–99 дней. Масса 1000 зерен 37–43 г. Среднезасухоустойчив. Хлебопекарные качества на уровне хорошего филлера. Восприимчив к пыльной головне и мучнистой

росе; сильно восприимчив к корневым гнилям и бурой ржавчине.

Свирель. Оригинаторы: Филиал ФГБУ «Госсортокмиссия» по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва, ФИЦ КНЦ СО РАН. Разновидность эритроспермум. Среднепоздний, вегетационный период 90–97 дней. Масса 1000 зерен 37–43 г. Хлебопекарные качества на уровне филлера. Сорт восприимчив к септориозу; сильно восприимчив к твердой головне, бурой ржавчине, мучнистой росе и корневым гнилям. В полевых условиях очень сильно поражен пыльной головней.

Изучали два срока посева: оптимальный – 15 мая, поздний – 22 мая.

Посевы опытов осуществляли сеялкой ССФК-7, уборку выполняли комбайном Хеге, зерно просушивали, очищали на Петкусе, взвешивали, всхожесть – согласно ГОСТ 12036-66. Предшественник – чистый пар. Учетная площадь делянок 10 м², повторность трехкратная.

Полевые опыты и наблюдения проводили согласно Методике полевого опыта Б. А. Доспехова (2014).

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным, маломощным, тяжелосуглинистым, характеризующимся следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 3,8%, реакция среды нейтральная (рН_{сол.} = 6,4), гидролитическая кислотность – 1,3 мг-экв./100 г, содержание нитратного азота очень низкое – 3,3 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) очень высокое – 200–250 мг/кг, калия – высокое (145 мг/кг).

Погодные условия вегетационного периода 2018 г. характеризовались количеством тепла на уровне среднемноголетней среднесуточной температуры в мае и июле (7,9–17,7 °С),

что благоприятно сказалось на росте и развитии растений. Наличие влаги было оптимальным на протяжении всего периода и составило в мае, июне, июле и августе 44, 63, 76, 67 мм соответственно. ГТК = 1,1.

Погодные условия 2019 г. характеризовались достаточным количеством тепла, среднесуточная температура была на 1,1–2,4 °С выше среднемноголетней. Влагой было достаточно, что способствовало формированию продуктивного колоса и высокой урожайности. ГТК = 1,1.

Весенне-летне-осенний периоды 2020 г. были с достаточным количеством тепла. Среднесуточная температура воздуха на 0,7–4,3 °С выше среднемноголетней. Июль характеризовался оптимальным наличием влаги. В остальные месяцы наблюдался недобор, но несмотря на это, растения сформировали высокопродуктивный колос и хорошую урожайность. ГТК = 1,0.

Результаты и их обсуждение. Яровая пшеница – однолетнее растение. За период вегетации различают следующие фазы: прорастание семян, всходы, третий лист, кущение, выход в трубку, стеблевание, колошение, цветение, созревание зерна – молочная, восковая и полная спелость. Продолжительность этих периодов зависит от множества факторов: сорт, климатические условия, отношение к почве, водному, температурному режиму, световому режиму и срокам посева (Никитина и Федосенко, 2021).

При анализе межфазных периодов яровой пшеницы при разных сроках посева выяснено, что продолжительность периода «всходы–колошение» при посеве в ранний срок изменялась от 50 дней у среднеранних до 58 дней у среднепоздних (табл. 1).

Таблица 1. Влияние сроков посева на вегетационный период сортов яровой пшеницы различных групп спелости, дней (среднее за 2018–2020 гг.)
Table 1. The effect of sowing dates on a vegetation period of spring wheat varieties of different maturity groups, days (mean in 2018–2020)

Сорт	Всходы–колошение		Колошение–созревание		Продолжительность вег. периода	
	ранний	поздний	ранний	поздний	ранний	поздний
Алтайская 70	52	52	36	36	88	88
Новосибирская 29	52	52	34	34	86	86
Тулунская 12	50	50	34	34	84	84
Курагинская 2	56	54	36	36	92	90
Красноярская 12	56	54	36	36	92	90
Свирель	58	54	40	40	98	94

НСР сорт – 1,0; НСР срок – 1,0

Установлено, что вегетационный период при посеве в поздний срок благодаря изменению температурного режима в сторону потепления (сумма активных температур составила 186,3 °С) уменьшается на два-четыре дня у среднепоздних и среднепоздних сортов за счет сокращения периода «всходы–колошение». Так, у среднепозднего сорта пшеницы Свирель данный период сократился на 4 дня, у среднепоздних сортов (Курагинская 2 и Краснояр-

ская 12) данный период уменьшился на два дня, среднеранние сорта (Алтайская 70, Тулунская 12, Новосибирская 29) показали одинаковую продолжительность периода «всходы–колошение» как в ранний, так и в поздний сроки, то есть не реагировали на изменение сроков посева.

Длительность колошения–созревания у сортов яровой пшеницы зависела только от группы спелости и не отличалась от сро-

ка посева. Так, у среднеранних сортов она составила 34–36 дней, среднеспелых – 36 дней и у среднепозднего сорта Свирель – 40 дней.

Таким образом, ранние посевы характеризовались более длинным вегетационным периодом в сравнении с более поздними посевами за счет удлинения межфазных периодов от посева до колошения.

Одним из главных факторов, влияющих на формирование урожая сорта, являются про-

должительность его вегетационного и межфазного периодов (Евдокимов и др., 2022).

Обнаружено, что в среднем более высокая урожайность среднеранних сортов получалась при позднем сроке посева (табл. 2). Сорта Тулунская 12, Новосибирская 29 и Алтайская 70 увеличивали урожайность на 0,2–0,6 т/га. В то же время среднеспелые сорта Курагинская 2, Красноярская 12 и среднепоздний сорт Свирель сформировали урожайность на 0,3–0,5 т/га выше в ранний срок.

Таблица 2. Влияние продолжительности вегетационного периода на урожайность и посевные качества яровой пшеницы (среднее за 2018–2020 гг.)
Table 2. The effect of the length of a vegetation period on productivity and sowing qualities of spring wheat (mean in 2018–2020)

Сорт	Урожайность, т/га		Масса 1000 зерен, г		Всхожесть, %	
	Сроки посева					
	ранний	поздний	ранний	поздний	ранний	поздний
Новосибирская 29	2,9	2,3	45,2	46,1	99	100
Алтайская 70	2,9	2,9	48,6	51,4	98	100
Тулунская 12	2,8	2,6	44,1	45,6	96	98
Красноярская 12	3,7	3,4	46,1	44,5	93	92
Курагинская 2	3,6	3,2	45,1	44,0	94	92
Свирель	4,7	4,1	48,0	46,6	94	90
Урожайность: НСР сорт – 0,1; НСР срок – 0,2						
Масса 1000 зерен: НСР сорт – 1,2; НСР срок – 1,1						

По урожайности в целом среднеспелые сорта Курагинская 2, Красноярская 12, превышали среднеранние Новосибирскую 29 и Тулунскую 12 на 1,5–2,7 т/га в оба срока посева.

Максимальная урожайность (4,66 т/га) наблюдалась у позднеспелой яровой пшеницы Свирель, при этом у данного сорта отмечалась и более высокая реакция на сроки посева. Так, при раннем сроке урожайность была на 0,53 т/га выше, чем при позднем за счет увеличения вегетационного периода на 4 дня.

Масса 1000 зерен характеризует технологические и посевные качества семян и вносит ощутимый вклад в продуктивность сортов. Изменение массы 1000 зерен у конкретного сорта также зависит от технологии его возделывания и агрометеорологических условий в период вегетации растений (Butkovskaya and Kozulina, 2021).

Значение данного признака у среднеранних сортов Тулунская 12, Новосибирская 29 и Алтайская 70 было выше при позднем сроке посева на 1–3 г, чем в ранний. В то же время у среднеспелых сортов Курагинская 2, Красноярская 12 и среднепозднего Свирель крупность зерна в ранний срок была выше на 1–2 г, чем при позднем. Необходимо отметить, что аналогично изменялась урожайность сортов, что указывает на тесную связь обоих параметров.

Другим важным показателем качества семян является их всхожесть. По данным прове-

денных опытов высокая всхожесть (98–100 %) наблюдалась у среднеранних сортов в поздний срок посева. У среднеспелых сортов и среднепозднего сорта Свирель всхожесть (93–94 %) была выше при раннем сроке.

Выводы. Таким образом, ранний срок посева способствовал формированию более длинного вегетационного периода у среднеспелых и среднепоздних сортов. Поздний срок посева, напротив, приводил к уменьшению продолжительности их вегетационного периода. Период вегетации среднеранних сортов не зависел от сроков посева.

Среднеранние сорта (Тулунская 12, Новосибирская 29 и Алтайская 70) сформировали урожайность выше на 0,2–0,6 т/га в поздний срок. Среднеспелые сорта (Курагинская 2, Красноярская 12) и среднепоздний сорт (Свирель) увеличили урожайность на 0,3–0,5 т/га в ранний срок.

Рекомендуемый срок посева яровой пшеницы в условиях Красноярского края для среднеранних сортов на семена – начало третьей декады мая при сумме активных температур 190 °С; для средне- и позднеспелых сортов – середина второй декады мая при сумме активных температур 150 °С.

В хозяйствах края необходимо возделывать 2–3 сорта яровой пшеницы различных групп спелости.

Библиографические ссылки

1. Бутковская Л. К., Кузьмин Д. Н., Агеева Г. М., Казанов В. В. Влияние сроков посева и удобрений на урожайность и качество семян сортов овса различных групп спелости в условиях Краснояр-

ской лесостепи // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 5. С. 26–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10506

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

3. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Пахотина И. В. Влияние продолжительности периода вегетации на формирование хозяйственно ценных признаков твердой яровой пшеницы в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2022. № 11. С. 19–26. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-19-26

4. Никитина В. И., Федосенко Д. Ф. Особенности формирования урожайности у образцов яровой мягкой пшеницы сибирской селекции в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2021. № 3. С. 22–26. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-22-26

5. Селекция и семеноводство полевых культур в Красноярском крае: Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ, Сиб. отд-ние, Краснояр. НИИ сел. хоз-ва [Отв. ред. Н. А. Сурин]. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1988. 113 с.

6. Andarzian B., Bannayan M., Shirali M., Hoogenboom B. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2015. Vol. 99? P. 189–199. DOI: 10.1016/j.jssas.2014.04.004

7. Butkovskaya L. K., Kozulina N. S. Sowing time and seeding rate in the new wheat varieties cultivation for seeds // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. Vol. 839(4), Article number: 042012. DOI: 10.1088/1755-1315/839/4/042012

8. Hakala K., Jauhainen L., Rajala 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. 2020. Vol. 259, Article number: 107956. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107956

References

1. Butkovskaya L. K., Kuz'min D. N., Ageeva G. M., Kazanov V. V. Vliyanie srokov poseva i udobrenii na urozhainost' i kachestvo semyan sortov ovsy razlichnykh grupp spelosti v usloviyakh Krasnoyarskoi lesostepi [The influence of sowing dates and fertilizers on the yield and quality of seeds of oat varieties of different maturity groups in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe] // Dostizheniya nauki i tekhniki AПК. 2018. № 5. С. 26–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10506

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

3. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Pakhotina I. V. Vliyanie prodolzhitel'nosti perioda vegetatsii na formirovaniye khozyaistvenno tsennykh priznakov tverdoi yarovoi pshenitsy v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [The effect of the length of the vegetation period on the formation of economically valuable traits of spring durum wheat under the conditions of Western Siberia] // Vestnik KrasGAU. 2022. № 11. С. 19–26. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-19-26

4. Nikitina V. I., Fedosenko D. F. Osobennosti formirovaniya urozhainosti u obraztsov yarovoi myagkoi pshenitsy sibirskoi seleksii v usloviyakh Krasnoyarskoi lesostepi [Features of the productivity formation of spring bread wheat samples of Siberian breeding in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe] // Vestnik KrasGAU. 2021. № 3. С. 22–26. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-22-26

5. Seleksiya i semenovodstvo polevykh kul'tur v Krasnoyarskom krae [Breeding and seed production of field crops in the Krasnoyarsk Territory]: Sb. nauch. tr. / VASKhNIL, Sib. otd-nie, Krasnoyar. NII sel. khoz-va [Otv. red. N. A. Surin]. Novosibirsk: SO VASKhNIL, 1988. 113 s.

6. Andarzian B., Bannayan M., Shirali M., Hoogenboom B. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2015. Vol. 99, P. 189–199. DOI: 10.1016/j.jssas.2014.04.004

7. Butkovskaya L. K., Kozulina N. S. Sowing time and seeding rate in the new wheat varieties cultivation for seeds // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. Vol. 839(4), Article number: 042012. DOI: 10.1088/1755-1315/839/4/042012

8. Hakala K., Jauhainen L., Rajala 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. 2020. Vol. 259, Article number: 107956. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107956

Поступила: 26.07.23; доработана после рецензирования: 28.08.23; принята к публикации: 14.09.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Бутковская Л. К. – концептуализация исследования; Бутковская Л. К., Мудрова В. Е. – подготовка опыта; Мудрова В. Е., Крылова О. К. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Бутковская Л. К., Крылова О. К. – анализ данных и их интерпретация; Крылова О. К. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПОДБОР ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ В ТОПКРОСНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ

Г. Я. Кривошеев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
А. С. Игнатьев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Селекция гибридной кукурузы проводится на основе межлинейной гибридизации с использованием гетерозиса в первом поколении. Повышению эффективности гибридизации может способствовать использование в скрещиваниях родительских форм с высокой комбинационной способностью. Цель исследования – выделение новых самоопыленных линий кукурузы с высокой общей и специфической комбинационной способностью, выявление влияния на точность оценки родственных линий, включенных в изучение. Исследования проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2021, 2022 годах. Объектом исследований послужили два тестера PD 329, KV 399 и 10 самоопыленных линий, в том числе две линии (KV 410 и DS 22/325), родственные тестеру PD 329, 20 топкроссных гибридов кукурузы. Метод оценки комбинационной способности – полные топкроссы. Оценка новых самоопыленных линий методом топкросса позволила выделить линии (KV 498 и DS 498/203-3) со стабильно высокой общей комбинационной способностью по признаку «урожайность зерна». Специфическая комбинационная способность характеризовалась изменчивостью в зависимости от года исследований, только линия KV 401 имела высокую СКС во все годы исследований. Включение в набор линий, родственных тестерам, не влияет или незначительно влияет на оценки ОКС остальных неродственных линий, влияние на СКС незначительно, однако оценка СКС будет точнее, если родственные линии исключить из набора. Выделены новые тесткроссные гибриды с высокой урожайностью зерна – PD 329×KV 498 (3,92 т/га), KV 399 × KV 498 (4,71 т/га), KV 399 × KV 401 (4,80 т/га), KV 399 × DS 498/203-3 (4,60 т/га). Они получены с участием новых линий, отличающихся высокой общей или специфической комбинационной способностью, которые рекомендуется включать в программы скрещиваний по созданию высокогетерозисных гибридов кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, самоопыленные линии, топкросс, комбинационная способность.

Для цитирования: Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Подбор линий кукурузы для оценки комбинационной способности в топкроссных скрещиваниях // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 24–29. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-24-29.



SELECTION OF MAIZE LINES FOR ESTIMATING COMBINING ABILITY IN TOPCROSSINGS

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;
A. S. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Hybrid maize breeding is carried out based on interline hybridization using heterosis in the first generation. Hybridization efficiency can be increased using parental forms with high combining ability in crosses. The purpose of the study was to identify new self-pollinated lines of maize with high general and specific combining ability, to identify the impact on the accuracy of the estimation of related lines included in the study. The current study was carried out at the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy” in 2021 and 2022. The objects of the study were two testers PD 329, KV 399 and 10 self-pollinated lines, including two lines (KV 410 and DS 22/325) related to tester PD 329, twenty topcross maize hybrids. The method for estimating combining ability was complete topcrosses. Estimation of new self-pollinated lines by the topcross method made it possible to identify the lines ‘KV 498’ and ‘DS 498/203-3’ with a consistently high overall combining ability according to the trait ‘grain productivity’. The specific combining ability was characterized by variability depending on the year of study. Only the line ‘KV 401’ had a high SCR in all years of study. The inclusion of lines related to the testers in the set had no effect or only slightly affected the estimates of the TCS of the remaining unrelated lines. The effect on the SCS was not significant, however, the estimation of the SCS would be more accurate if related lines were excluded from the set. There have been identified such new testcross hybrids with large grain productivity as ‘PD 329 × KV 498’ (3.92 t/ha), ‘KV 399 × KV 498’ (4.71 t/ha), ‘KV 399 × KV 401’ (4.80 t/ha), ‘KV 399 × DS 498/203-3’ (4.60 t/ha). They were obtained with the participation of new lines characterized by high general or specific combinative ability, which can be recommended to be included in cross-breeding programs to develop highly heterotic maize hybrids.

Keywords: maize, hybrid, self-pollinated lines, topcross, combining ability.

Введение. Селекция кукурузы на гетерозис предполагает использование гетерозиса в первом поколении. При использовании метода гибридизации селекционеры производят большое количество комбинаций скрещиваний, и, как показывает практика, удачные скрещивания бывают редко. Повышению эффективности гибридизации может способствовать использование в скрещиваниях родительских форм с высокой комбинационной способностью (Орлянская и др., 2022).

Показатель комбинационной способности, то есть способность линий в гибридных комбинациях проявлять высокий урожай – важнейший признак ценности исходного материала (Кагермазов и др., 2022).

Важнейший признак, по которому проводится оценка комбинационной способности, – урожай зерна, однако в зависимости от направления селекции исследователи оценивают комбинационную способность по другим важнейшим признакам (Зайцев и др., 2023).

Комбинационная способность может быть определена различными способами, в частности, один из способов – в системе диаллельных скрещиваний (Зайцев, 2020). Однако чаще селекционеры используют систему топкроссных скрещиваний как достаточно информативную, но менее трудоемкую, чем диаллельные скрещивания. Метод топкроссных скрещиваний используется не только для изучения исходного материала кукурузы, но и других культур, например, сорго при селекции на гетерозис (Жужукин и др., 2017).

Оценке комбинационной способности селекционного материала значительное внимание уделяют зарубежные исследователи (Hisse, 2022). В частности, проводятся исследования по совершенствованию методов оценки (Marcal, 2019).

Один из важнейших этапов оценки комбинационной способности – подбор линий кукурузы для изучения в системе диаллельных и топкроссных скрещиваний, в частности, необходимо учитывать родство этих линий (Fan, 2018).

Зарубежные исследователи также отмечают, что повышению эффективности селекци-

онного процесса способствует выделение исходных форм, которые удачно комбинируют в скрещиваниях (Fan, 2018).

Цель исследования – выделение новых самоопыленных линий кукурузы с высокой общей и специфической комбинационной способностью, выявление влияния на точность оценки родственных линий, включенных в изучение.

Материалы и методы исследований.

В качестве объекта исследований использовали два тестера (PD 329 и RD 399), 10 самоопыленных линий кукурузы, в том числе две (KB 401 и ДС 22/325), родственные тестеру PD 329, 20 тесткроссных гибридов кукурузы.

Исследования проведены в 2021 и 2022 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, карбонатный, тяжелосуглинистый. Климат умеренно континентальный (ГТК = 0,7). Годы проведения эксперимента оказались в разной степени засушливыми. Количество осадков в 2021 г. соответствовало среднемноголетней норме (225 мм), однако распределение их в течение вегетации было крайне неравномерным. Более засушливым оказался 2022 г., когда количество осадков за период вегетации кукурузы составило 58,6 % от нормы.

Основной метод, используемый в селекции кукурузы, – метод межлинейной гибридизации. Оценка комбинационной способности самоопыленных линий кукурузы определена методом полных топкроссов (Вольф, 1980). Гибридные комбинации созданы путем принудительного опыления под пергаментными изоляторами.

Результаты и их обсуждение. Дисперсионный анализ комбинационной способности позволяет говорить о существовании различий по ОКС между изучаемыми линиями как в 2021 ($F_{\text{факт}} = 14,20$; $F_{\text{теор}} = 2,14$), так и в 2022 году ($F_{\text{факт}} = 11,26$; $F_{\text{теор}} = 2,14$). В 2021 г. среди десяти линий выделены две с высокой общей комбинационной способностью: KB 498 ($g_i = 0,60$), ДС 498/203-3 ($g_i = 0,55$) (табл. 1).

Таблица 1. Общая комбинационная способность полного набора линий кукурузы по признаку «урожайность зерна»
Table 1. General combining ability of a complete set of maize lines according to the trait 'grain productivity'

Линия	2021 г.		2022 г.	
	g_i	Ранг по ОКС	g_i	Ранг по ОКС
KB 469, st	-0,07	II	0,31	II
KB 202	-0,22	III	-0,62	III
KB 232	-0,23	III	-0,15	II
KB 498	0,60	I	1,17	I
KB 273	0,14	II	-0,17	II
KB 401	-0,08	II	-0,42	III
ДС 498/203-3	0,55	I	0,61	I
ДС 22/325	-0,53	III	-0,62	III
KB 331	-0,01	II	-0,15	II
Тетра 1	-0,11	II	0,04	II
HCP ₀₅	0,18	–	0,32	–

Существенно низкой ОКС характеризовались линии KB 202 ($g_i = -0,22$), KB 232 ($g_i = -0,23$), ДС 22/325 ($g_i = -0,53$). Линии KB 469, KB 273 KB 401, KB 331 и Тетра 1 имели средние оценки ОКС ($g_i = +0,14 \dots -0,11$). Самоопыленные линии с высокой ОКС отнесены к первому рангу, со средней – ко второму рангу и с низкой – к третьему рангу, стандартная линия KB 469 характеризовалась средней общей комбинационной способностью и отнесена ко второму рангу.

В 2022 г. только две линии изменили ранг по ОКС в сравнении в 2021 г.: KB 232 перешла из третьего ранга во второй, а KB 401, наоборот, – из второго в третий.

Наиболее высокие оценки эффектов ОКС в 2022 г. сохранили самоопыленные линии KB 498 ($g_i = 1,17$) и ДС 498/203-3 ($g_i = 0,61$), что позволило отнести их к первому рангу. Они представляют наибольшую ценность для включения в программы скрещиваний по созданию новых высокогетерозисных гибридов кукурузы. Стабильность высоких оценок эффектов ОКС в различные годы у этих линий позволяет предположить возможность создания гибридов с их участием со стабильным урожаем.

При оценке комбинационной способности методом полных топкроссов часто случается так, что некоторые линии оказываются близкородственными какому-либо из тестеров.

Причем узнать это часто возможно только после выполнения топкроссных скрещиваний и изучения топкроссных гибридов. Селекционерам заранее не всегда представляется возможным подобрать набор линий, среди которых все будут неродственны ни одному из используемых тестеров. Практический интерес представляют выявления влияния на комбинационную способность наличие близкородственных линий, включенных в набор изучаемых линий.

В наших исследованиях в набор изучаемых линий были включены новые самоопыленные линии KB 401 и ДС 22/325, родственные тестеру PD 329. Анализ оценок эффектов ОКС (g_i) позволяет заключить, что родство этих линий одному из тестеров негативно повлияло на величину оценок. Так, по линии KB 401 в 2021 г. $g_i = -0,08$, в 2022 г. $g_i = -0,42$, то есть в 2021 г. эта линия имела среднюю общую комбинационную способность, а в 2022 г. – низкую. Линия ДС 22/325 в оба года исследований имела низкие значения общей комбинационной способности ($g_i = -0,53$, $g_i = -0,62$).

Однако еще более важно знать влияние на результаты оценки комбинационной способности неродственных линий. Для выявления этого дополнительно была выполнена оценка комбинационной способности ограниченного набора линий, из которого исключили родственные линии KB 401 и ДС 22/325 (табл. 2).

Таблица 2. Общая комбинационная способность ограниченного набора линий кукурузы по признаку «урожайность зерна»
Table 2. General combining ability of a limited set of maize lines according to the trait 'grain productivity'

Линия	2021 г.		2022 г.	
	g_i	Ранг по ОКС	g_i	Ранг по ОКС
KB 469, st	-0,15	II	0,07	II
KB 202	-0,29	III	-0,75	III
KB 232	-0,36	III	-0,28	II
KB 498	0,53	I	1,04	I
KB 273	0,07	II	-0,27	II
ДС 498/203-3	0,48	I	0,48	I
KB 331	-0,09	II	-0,28	II
Тетра 1	-0,19	III	-0,09	II
НСР ₀₅	0,18	–	0,31	–

Полученные результаты позволяют утверждать о совпадении, рассчитанных двумя способами, оценок эффектов общей комбинационной способности линий, не состоящих в родстве с тестерами. Первый способ – используя полный набор линий (включая родственные линии) и второй способ – неполный набор линий (исключая родственные линии). Так, по результатам оценки неполного набора в 2021 и 2022 гг. выделились линии с высокой ОКС: KB 498 ($g_i = 0,53$, $g_i = 1,04$), ДС 498/203 -3 ($g_i = 0,48$). То есть те же самые линии, которые были выделены и в случае оценки полного набора линий. По остальным линиям также выявлено полное совпадение оценок. Так, линия KB 202 при оценке полного набора линий имела низкую ОКС (ранг III)

в оба года, что совпадает с результатом, полученным при оценке неполного набора. Линия KB 232 изменила ранг по ОКС (третий на второй в 2022 г. по сравнению с 2021 г.) как при изучении полного, так и неполного набора. Линии KB 273, KB 331 и KB 469 показали среднюю ОКС независимо от того, как была проведена оценка (полного или ограниченного набора линий). Лишь только по линии Тетра 1 выявлено незначительное несовпадение оценок: в 2021 г. на основе оценки полного набора линий она имела второй ранг по ОКС, а при оценки неполного набора в этом году у нее отмечен третий ранг. Однако в 2022 г. и по этой линии отмечено полное совпадение оценок.

Таким образом, наличие в наборе, изучаемом по комбинационной способности, линий,

родственных тестерам, не влияет на результаты оценки ОКС линий, не состоящих в родстве с тестерами.

По специфической комбинационной способности отмечена изменчивость оценок в зависимости от года проведения исследований (табл. 3).

Таблица 3. Специфическая комбинационная способность полного набора линий кукурузы по признаку «урожайность зерна»
Table 3. Specific combining ability of a complete set of maize lines according to the trait 'grain productivity'

Линия	2021 г.			2022 г.		
	ΣS_{ij}	σ^2_{Si}	Ранг по СКС	ΣS_{ij}	σ^2_{Si}	Ранг по СКС
КВ 469, st	0,06	0,01	2	0,06	0	2
КВ 202	0,85	0,27	1	0,11	0	2
КВ 232	0,77	0,25	1	0,58	0,15	2
КВ 498	0	0	2	0,14	0,01	2
КВ 273	0,27	0,08	2	1,38	0,42	1
КВ 401	2,74	0,90	1	2,16	0,68	1
ДС 498/203-3	0,17	0,05	2	0,05	0	2
ДС 22/325	0,44	0,14	2	2,42	0,77	1
КВ 331	0,01	0	2	0,27	0,05	2
Тетра 1	0,01	0	2	0,32	0,07	2
НСР ₀₅	–	0,17	–	–	0,22	–

В 2021 г. высокую СКС (первый ранг) имели линии КВ 202, КВ 232, КВ 401 ($\sigma^2_{Si} = 0,25 - 0,90$). Средняя оценка $\sigma^2_{Si} = 0,17$. В 2022 г. высокую СКС показали линии КВ 273, КВ 401 и ДС 22/325 ($\sigma^2_{Si} = 0,42, 0,77$), средняя оценка $\sigma^2_{Si} = 0,22$. Остальные линии имели низкую СКС (второй ранг). Стандартная линия КВ 469 имела низкую СКС во все годы исследований. Только линия КВ 401 характеризовалась высокой СКС во все годы исследований. Исключение из набора линий, родственных тестеру, при расче-

те специфической комбинационной способности незначительно влияло на СКС. У шести линий из восьми (КВ 469, КВ 202, КВ 232, КВ 498, КВ 273 и КВ 331) отмечено полное совпадение рангов по СКС во все годы исследований, независимо от того, исключены или взяты для расчета родительские линии. Только по линии ДС 498/203-3 в 2021 г. и по линии Тетра 1 в 2022 г. не получено совпадения рангов по СКС (табл. 4).

Таблица 4. Специфическая комбинационная способность ограниченного набора линий кукурузы по признаку «урожайность зерна»
Table 4. Specific combining ability of a limited set of maize lines according to the trait 'grain productivity'

Линия	2021 г.			2022 г.		
	ΣS_{ij}	σ^2_{Si}	Ранг по СКС	ΣS_{ij}	σ^2_{Si}	Ранг по СКС
КВ 469, st	0	0	2	0	0	2
КВ 202	0,41	0,13	1	0	0	2
КВ 232	0,34	0,10	1	0,15	0,01	2
КВ 498	0,11	0,02	2	0	0	2
КВ 273	0,05	0,01	2	0,63	0,18	1
ДС 498/203-3	0,50	0,16	1	0,03	0	2
КВ 331	0,03	0	2	0,02	0	2
Тетра 1	0,05	0,01	2	0,90	0,27	1
НСР ₀₅	–	0,05	–	–	0,06	–

То есть наличие в наборе линий, родственных тестерам, по остальным линиям (не родственным) позволяет получить оценки СКС, однако оценка будет точнее, если при подборе родственные линии будут исключены.

Изучение тесткроссных гибридов позволило выделить новые гибридные комбинации с высокой урожайностью зерна. Гибрид, полученный от скрещивания тестера PD 329 с линией КВ 498, в среднем за 2021–2022 гг. сформировал урожай зерна 3,92 т/га, что на 0,71 т/га (22,1 %) выше, чем стандарт PD 329 × КВ 469 (табл. 5).

Новая линия КВ 498, как было ранее отмечено, характеризовалась высокой общей комбинационной способностью.

Выделены три гибрида, полученные от скрещивания тестера КВ 399 с новыми линиями КВ 498, КВ 401 и ДС 498/203-3. В среднем за годы изучения урожайность зерна новых гибридов составила 4,60–4,80 т/га. Превышение над стандартом КВ 399 × КВ 469 составило 0,72–0,92 т/га, или 18,6–23,7 %. Новые гибриды показали стабильно высокий урожай зерна во все годы исследований, наивысший урожай (5,04 т/га) получен по гибриду КВ 399 × КВ 498 в 2022 г. (табл. 6).

Таблица 5. Результаты изучения тесткроссных гибридов кукурузы, полученных от скрещивания с тестером PD 329
Table 5. Study results of testcross maize hybrids obtained from crossing with the tester 'PD 329'

Линия	Урожайность зерна при 14 % влажности, т/га			± к стандарту	
	2021 г.	2022 г.	X	т/га	%
PD 329 × KB 469, st	2,99	3,42	3,21	–	–
PD 329 × KB 202	3,31	2,56	2,94	–0,27	–8,4
PD 329 × KB 232	3,21	3,33	3,27	0,06	1,9
PD 329 × KB 498	3,45	4,38	3,92	0,71	22,1
PD 329 × KB 273	3,38	3,60	3,49	0,28	8,7
PD 329 × KB 401	1,63	1,48	1,56	–1,65	–51,5
PD 329 × ДС 498/203-3	3,14	3,70	3,42	0,21	6,5
PD 329 × ДС 22/325	1,87	1,22	1,55	–1,36	–42,4
PD 329 × KB 331	2,94	3,16	3,05	–0,16	–5,0
PD 329 × Тетра 1	2,82	2,58	2,70	–0,51	–15,9
НСР ₀₅	0,38	0,36	–	–	–

Таблица 6. Результаты изучения тесткроссных гибридов кукурузы, полученных от скрещивания с тестером KB 399
Table 6. Study results of testcross maize hybrids obtained from crossing with the tester 'KV 399'

Линия	Урожайность зерна при 14 % влажности, т/га			± к стандарту	
	2021 г.	2022 г.	X	т/га	%
KB 399 × KB 469, st	3,49	4,27	3,88	–	–
KB 399 × KB 202	2,88	3,28	3,08	–0,80	–20,6
KB 399 × KB 232	2,84	3,45	3,15	–0,73	–18,8
KB 399 × KB 498	4,37	5,04	4,71	0,83	21,4
KB 399 × KB 273	3,52	3,13	3,33	–0,55	–14,2
KB 399 × KB 401	4,84	4,75	4,80	0,92	23,7
KB 399 × ДС 498/203-3	4,59	4,60	4,60	0,72	18,6
KB 399 × ДС 22/325	3,68	4,61	4,15	0,27	7,0
KB 399 × KB 331	3,65	3,61	3,63	–0,25	–6,4
KB 399 × Тетра 1	3,58	4,58	4,08	0,20	5,2
НСР ₀₅	0,38	0,36	–	–	–

Новые линии KB 498 и ДС 498/203-3, входящие в состав выделенных гибридов, характеризовались высокой общей комбинационной способностью. Линия KB 401 отличалась высокой специфической комбинационной способностью во все годы проведения исследований.

Выводы. Оценка новых самоопыленных линий методом топкросса позволила выделить линии (KB 498 и ДС 498/203-3) со стабильно высокой общей комбинационной способностью по признаку «урожайность зерна». Специфическая комбинационная способность характеризовалась изменчивостью в зависимости от года исследований, только линия KB 401 имела высокую СКС во все годы исследований.

Включение в набор линий, родственных тестерам, не влияет или незначительно влияет на оценки ОКС остальных неродственных линий, влияние на СКС незначительно, однако оценка СКС будет точнее, если родственные линии исключить из набора.

Выделены новые тесткроссные гибриды с высокой урожайностью зерна: PD 329 × KB 498 (3,92 т/га), KB 399 × KB 498 (4,71 т/га), KB 399 × KB 401 (4,80 т/га), KB 399 × ДС 498/203-3 (4,60 т/га). Они получены с участием новых линий, отличающихся высокой общей или специфической комбинационной способностью, которые рекомендуются включать в программы скрещивания по созданию высокогетерозисных гибридов кукурузы.

Библиографические ссылки

1. Вольф В. Г., Литун П. П. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков, 1980. с. 76.
2. Жужукин В. И., Горбунов В. С., Кибальник О. П., Семин Д. С., Гаршин А. Ю. Оценка комбинационной способности сортообразцов сахарного сорго // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 5. С. 34–37.
3. Зайцев С. А. Применение диаллельного анализа при изучении комбинационной способности кукурузы // Агарный научный журнал. 2020. № 8. С. 16–19. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i8pp16-19>
4. Зайцев С. А., Бычкова В. В., Волков Д. П., Башинская О. С., Матюшин П. А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы на содержание крахмала // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 4. С. 48–56. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-5>

5. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В., Яндиева А. Р. Изучение самоопыленных линий кукурузы по хозяйственно ценным признакам и устойчивости к биотическим факторам в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2022. № 4(65). С. 50–55. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-50-55>
6. Орлянская Н. А., Орлянский Н. А., Чеботарев Д. С. Оценка комбинационной способности самоопыленных семей кукурузы (S5) смешанной генетической плазмы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 2 (66). С. 28–35. DOI 10.12737/2073-0462-2022-28-35
7. Hisse I., D'Andrea K., Otegui M. Diallel analysis of kernel weight and grain-filling traits in maize grown under contrasting nitrogen supply // *Agronomy Journal*. 2022. Vol. 115(2). <https://doi.org/10.1002/agj2.21261>
8. Marçal Tiago de S., Rocha João R. do A. S. de C., Salvador Felipe V., Anjos Rafael S. R. dos, Silva Adriel C. da, Carneiro, Pedro C. S. Carneiro José E. de S. Estimation of Variance for Reciprocal General and Specific Combining Ability Effects by EM-AI Algorithm // *Crop Breeding & Genetics*. 2019. Vol. 59(4). doi.org/10.2135/cropsci2018.09.0555
9. Fan X. M., Bi Y., Zhang Yu., Jeffers D., Yin X.-F., Kang M. Improving Breeding Efficiency of a Hybrid Maize Breeding Program Using a Three Heterotic-Group Classification // *Agronomic Application of Genetic Resource*. 2018. Vol. 110(4). <https://doi.org/10.2134/agronj2017.05.0290>
10. Fan X. M., Zhang Yu-D., Jeffers D. P., Bi Ya-Qi, Kang M. S., Yin Xing-Fu Combining Ability of Yellow Lines Derived from CIMMYT Populations for Use in Subtropical and Tropical Midaltitude Maize Production Environments // *Crop Breeding & Genetics*. 2018. Vol. 58(1), <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.05.0291>

References

1. Vol'f V. G., Litun P. P. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu matematicheskikh metodov dlya analiza eksperimental'nykh dannyykh po izucheniyu kombinatsionnoi sposobnosti [Methodical recommendations for the use of mathematical methods for the analysis of experimental data on the study of combining ability]. Khar'kov. 1980. s. 76.
2. Zhuzhukin V. I., Gorbunov V. S., Kibal'nik O. P., Semin D. S., Garshin A. Yu. Otsenka kombinatsionnoi sposobnosti sortoobraztsov sakharnogo sorgo [Estimation of the combining ability of sweet sorghum varieties] // *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2017. № 5. S. 34–37.
3. Zaitsev S. A. Primenenie diallel'nogo analiza pri izuchenii kombinatsionnoi sposobnosti kukuruzy [Application of diallelic analysis in studying the combining ability of maize] // *Agarnyi nauchnyi zhurnal*. 2020. № 8. S. 16–19. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i8pp16-19>
4. Zaitsev S. A., Bychkova V. V., Volkov D. P., Bashinskaya O. S., Matyushin P. A. Otsenka kombinatsionnoi sposobnosti linii kukuruzy na sodержание krakhmala [Estimation of the combining ability of maize lines for starch content] // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2023. Т. 53, № 4. S. 48–56. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-5>
5. Kagermazov A. M., Khachidogov A. V., Yandieva A. R. Izuchenie samoopylennykh linii kukuruzy po khozyaistvenno-tsennym priznakam i ustoychivosti k bioticheskim faktoram v predgornoi zone Kabardino-Balkarii [The study of self-pollinated maize lines for economically valuable traits and resistance to biotic factors in the foothill zone of Kabardino-Balkaria] // *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*. № 4(65). 2022. S. 50–55. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-50-55>
6. Orlyanskaya N. A., Orlyanskii N. A., Chebotarev D. S. Otsenka kombinatsionnoi sposobnosti samoopylennykh semei kukuruzy (S5) smeshannoi geneticheskoi plazmy [Estimation of the combining ability of self-pollinated maize families (S5) of mixed genetic plasma] // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. Т. 17, № 2 (66). С. 28–35. DOI 10.12737/2073-0462-2022-28-35
7. Hisse I., D'Andrea K., Otegui M. Diallel analysis of kernel weight and grain-filling traits in maize grown under contrasting nitrogen supply // *Agronomy Journal*. 2022. Vol. 115(2). <https://doi.org/10.1002/agj2.21261>
8. Marçal Tiago de S., Rocha João R. do A. S. de C., Salvador Felipe V., Anjos Rafael S. R. dos, Silva Adriel C. da, Carneiro, Pedro C. S. Carneiro José E. de S. Estimation of Variance for Reciprocal General and Specific Combining Ability Effects by EM-AI Algorithm // *Crop Breeding & Genetics*. 2019. Vol. 59(4). doi.org/10.2135/cropsci2018.09.0555
9. Fan X. M., Bi Y., Zhang Yu., Jeffers D., Yin Xing-Fu, Kang M. Improving Breeding Efficiency of a Hybrid Maize Breeding Program Using a Three Heterotic-Group Classification // *Agronomic Application of Genetic Resource*. 2018. Vol. 110(4), <https://doi.org/10.2134/agronj2017.05.0290>
10. Fan X. M., Zhang Yu-D., Jeffers D. P., Bi Ya-Qi, Kang M. S., Yin Xing-Fu Combining Ability of Yellow Lines Derived from CIMMYT Populations for Use in Subtropical and Tropical Midaltitude Maize Production Environments // *Crop Breeding & Genetics*. 2018. Vol. 58(1), <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.05.0291>

Поступила: 24.08.23; доработана после рецензирования: 05.09.23; принята к публикации: 05.09.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кривошеев Г. Я. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Игнатьев А. С. – анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ПИРИКУЛЯРИОЗУ РИСА PI-1, PI-2, PI-33, PI-40, PI-TA, PI-B

О. В. Шумская, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, oksana-shumskaya@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7285-5580;

Н. Н. Вожжова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, nvozhzh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;

О. С. Жогалева, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, os.zogaleva@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

А. Ю. Дубина, агроном лаборатории клеточной селекции, Lina.Dybina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

П. И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, p-kostylev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Рис является ценной культурой, используемой для питания во всем мире. Для создания современных урожайных и устойчивых к болезням сортов риса необходимо ускорение селекционного процесса при помощи методов молекулярной биологии. Целью наших исследований являлась идентификация аллелей шести генов устойчивости к пирикулярриозу (Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-40, Pi-ta и Pi-b) у селекционных образцов риса при помощи методов MAS (маркер-ассоциированной селекции). Объектом исследования служили 446 селекционных образцов риса, переданных в лабораторию клеточной селекции для анализа селекционерами из лаборатории селекции и семеноводства риса ФГБНУ «АНЦ «Донской». Идентификация генов в них проводилась дифференцированно и была обусловлена родословной образцов. Для определения аллелей генов устойчивости к пирикулярриозу Pi-1, Pi-2 и Pi-33 были изучены все 446 образцов, для гена Pi-40 – 20 образцов, для гена Pi-ta – 316 шт. Для экстракции ДНК использовали набор «ДНК-Экстран-3» российского производства. ПЦР проводили с помощью специфических праймеров целевых генов. Идентификацию продуктов реакции выполняли на агарозных гелях после фотографирования в ультрафиолете. В результате проведенного исследования были выделены образцы риса, которые несут от 1 до 5 генов устойчивости к пирикулярриозу в различных сочетаниях. Идентифицировано 14 образцов, которые обладают набором из 5 генов устойчивости, таких как 2723, 2724, 2727, 2728, 2729, 2730, 2733, 2735, 2736, 5007, 5671, 5673, 5450/2 и 2450/2. Информация, полученная по результатам проведенных нами исследований, далее может быть применена селекционерами для использования ценных генотипов в качестве доноров при скрещиваниях, а также для отбора перспективного селекционного материала, устойчивого к пирикулярриозу.

Ключевые слова: рис, идентификация генов, пирикулярриоз, устойчивость, молекулярные маркеры.

Для цитирования: Шумская О. В., Вожжова Н. Н., Жогалева О. С., Дубина А. Ю., Костылев П. И. Идентификация генов устойчивости к пирикулярриозу риса Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-40, Pi-ta, Pi-b // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 30–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-30-38.



IDENTIFICATION OF RICE BLAST RESISTANCE GENES PI-1, PI-2, PI-33, PI-40, PI-TA, PI-B

O. V. Shumskaya, junior researcher of the laboratory for cell breeding, oksana-shumskaya@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7285-5580;

N. N. Vozhzhova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cell breeding, nvozhzh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;

O. S. Zhogaleva, junior researcher of the laboratory for cell breeding, os.zogaleva@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

A. Yu. Dubina, agronomist of the laboratory for cell breeding, Lina.Dybina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

P. I. Kostylev, 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
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchnyy Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Rice is a valuable crop used for food throughout the world. To develop modern, productive and disease resistant rice varieties, it is necessary to accelerate the breeding process using molecular biology methods. The purpose of the current study was to identify alleles of six blast resistance genes (Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-40, Pi-ta and Pi-b) in the selected rice samples using MAS (marker-associated selection method). The objects of the study were 446 breeding rice samples sent to the laboratory of cell breeding for analysis by breeders from the laboratory for rice breeding and seed production of the FSBSI “ARC “Donskoy”. Identification of genes in them was carried out differentially and was determined by the pedigree of the samples. In order to determine the alleles of the blast resistance genes Pi-1, Pi-2 and Pi-33, all 446 samples were studied, for the Pi-40 gene there were studied 20 samples, for the Pi-ta gene there were studied 316 samples. For DNA extraction, there was used a Russian-made kit ‘DNA-Extran-3’. PCR was performed using specific primers of the target genes. Identification of reaction products was performed on agarose

gels after photographing in ultraviolet light. As a result of the study, there were identified the rice samples which carried from 1 to 5 blast resistance genes in various combinations. There have been identified 14 samples that possess a set of 5 resistance genes, such as 2723, 2724, 2727, 2728, 2729, 2730, 2733, 2735, 2736, 5007, 5671, 5673, 5450/2 and 2450/2. The information obtained from the results of the study could then be used by breeders to use valuable genotypes as donors in crosses, as well as to select promising breeding material resistant to blast disease.

Keywords: rice, gene identification, rice blast, resistance, molecular markers.

Введение. По мере роста населения мира нехватка продовольствия и скрытый голод становятся все более актуальными проблемами. Эффективность повышения продовольственной безопасности возможна при увеличении урожайности сельскохозяйственных культур или путем расширения площади их посевов.

Рис посевной (*Oryza sativa*) как сельскохозяйственная культура имеет очень большое значение, является важным продуктом питания для значительной части населения в мире и входит в ежедневный рацион жителей Африки, Азии и стран Ближнего Востока. В России рис также весьма популярный продукт, который массово производится на юге страны. Для поддержания и увеличения его урожайности нужно создавать новые, в том числе устойчивые к болезням сорта.

Болезни риса – один из лимитирующих факторов получения качественного зерна и высоких урожаев. Самая вредоносная болезнь риса – пирикулярриоз, который вызывается несовершенным грибом *Pyricularia oryzae*. Ежегодно он наносит значительный ущерб в рисосеющих районах во всем мире (Asibi et al., 2019; Yulensri et al., 2020; El-Abbasi et al., 2020). Потеря урожая может составить до 70–80 % (Sahu et al., 2022). Основными признаками являются пятна на листьях, стеблевом узле, семенах, метелке, листовом влагалище различной формы и окраски. Заболевание приводит к отмиранию листьев, ломке стеблей, преждевременному высыханию метелок, щуплости зерна, гибели всходов. Наибольший процент вреда наносится пирикулярриозом в фазах колошения и цветения, что сказывается на качестве семян. Возбудитель болезни сохраняется на стерне и соломе риса, а также в семенах и способен к перезимовыванию (Asibi et al., 2019).

Для создания современных высокоурожайных, с высоким качеством зерна сортов риса необходимо использование методов молекулярной биологии. ПЦР-анализ в селекционном процессе позволяет ускорить процесс отбора форм с желаемыми генами, проводить подбор подходящих родительских форм, детектировать перенос целевых генов в селекционный материал, изучать взаимосвязи между наличием генов и проявлением желаемого признака. Хороший результат в борьбе с пирикулярриозом дает введение генов устойчивости к заболеванию в высокоурожайные сорта риса отечественной селекции. Выявление желаемых генотипов с использованием молекулярных маркеров ускоряет и удешевляет селекционный процесс.

В последние годы во многих селекционных учреждениях проводят исследования по выяв-

лению образцов, которые бы обладали устойчивостью к пирикулярриозу риса (Илюшко и др., 2019; Костылев и др., 2018; Дубина и др., 2018; Коротенко и др.; 2018). В странах СНГ также ведется интенсивная селекционная работа с включением молекулярных маркеров для создания новых высококачественных сортов, устойчивых к болезням, обладающих продуктивностью и качеством (Рсалиев и др., 2015; Khayitov et al., 2021).

Таким образом, применение ДНК-маркеров для поиска источников и доноров эффективных генов устойчивости является своевременной задачей при создании устойчивых к пирикулярриозу сортов риса.

В связи с этим целью наших исследований являлась идентификация аллелей генов устойчивости к пирикулярриозу Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-40, Pi-ta и Pi-b у селекционных образцов риса методами MAS (маркер-ассоциированной селекции).

Материалы и методы исследований. Объектом исследования служили 446 селекционных образцов риса, переданных в лабораторию клеточной селекции для анализа селекционерами из лаборатории селекции и семеноводства риса ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Исследования проводили в 2022 г. в лаборатории клеточной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Образцы риса изучали на наличие в их генотипе 6 генов устойчивости к пирикулярриозу: эффективных Pi-1 и Pi-ta, а также Pi-2, Pi-33, Pi-40, и Pi-b. Идентификация аллелей генов в них проводилась дифференцированно и была обусловлена родословной образцов. Так, для определения генов Pi-1, Pi-2, Pi-33 были изучены все 446 образцов, для гена Pi-40 – 20 образцов, для гена Pi-ta – 316 образцов.

Выделение геномной ДНК осуществляли методом СТАВ, суть которого заключается в способности нуклеиновых кислот образовывать растворимые комплексы с детергентом СТАВ (цетилтриэтилбромид аммония) в условиях высокой концентрации соли (Yadav et al., 2021).

При экстракции ДНК использовали набор «ДНК-Экстран-3» российского производства. Для идентификации генов положительным контролем служили образцы риса с наличием генов устойчивости к пирикулярриозу (Pi-1 и Pi-33 – С104-LAC, для Pi-2 – С101-A-51, для Pi-ta – IR36, для Pi-b – BL-1). Для молекулярных маркеров кодоминантного типа в качестве контроля рецессивного аллеля использовали родительские сорта Боярин (ФГБНУ «АНЦ «Донской») и Новатор (ФНЦ Риса). Отрицательный контроль опыта – деионизированная вода.

Для проведения реакции амплификации при скрининге генов устойчивости к пирику-

ляриозу риса применяли микросателлитные SSR-маркеры и разработанные для них составы реакционных смесей и условия реакции. Использовали объем реакции 25 мкл, включающий в себя 3 мкл геномной ДНК образцов риса, по 2,5 мкл 10 x PCR буфера, от 1 до 2,5 мкл MgCl₂ (25mM), от 0,25 до 0,4 мкл смеси dNTPs (25mM), от 2 до 3 мкл каждого специфического для анализируемого гена праймера в концентрации 1 μmol, Taq-полимераза (5 U) от 0,25 до 0,3 мкл, а также деионизированную воду – от 8,45 до 12,95 мкл в зависимости от определяемого гена (Mullis et al., 1986; Fuentes et al., 2008; Jiang et al., 2015; Sharma et al., 2007; Мухина и др., 2008; Супрун и др., 2007; Супрун и др., 2013).

ПЦР проводили в амплификаторе T100 Thermal Cycler (BioRad, США).

Результаты амплификации визуализировали методом электрофореза в 2-процентном агарозном геле.

Для окрашивания геля применяли этидий бромид, фотодокументирование прибором Bio-Rad Molecular Imager GelDoc XR+. Для обработки полученных результатов использовали программы Bio-Rad GelDoc Lab Image 5.1 и Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. В результате проведения анализа селекционных образцов риса по гену устойчивости к пирикулярриозу Pi-1 были получены электрофореграммы, визуализирующие его аллельное состояние.

На рис. 1 представлен фрагмент одной из электрофореграмм продуктов амплификации с маркером Rm224.

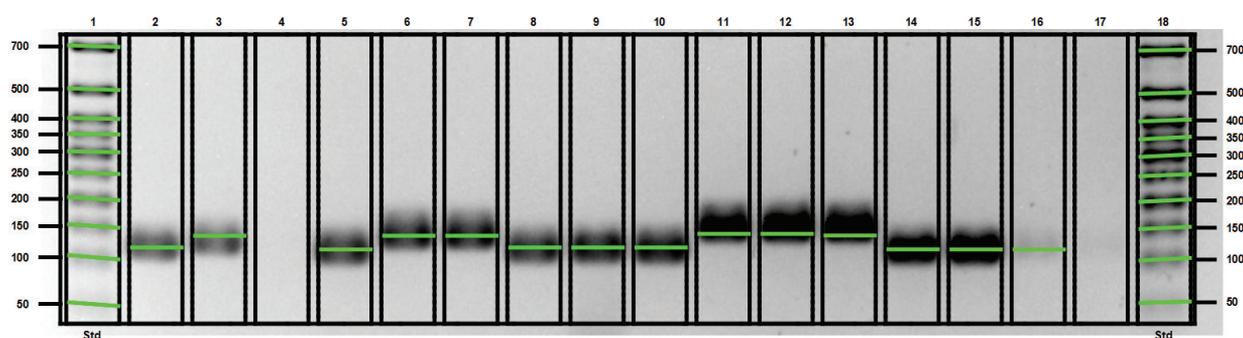


Рис. 1. Электрофореграмма анализа образцов риса по определению гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-1: 1, 18 – маркер длин ДНК 50+ bp DNA Ladder Евrogen (размер ампликонов снизу вверх – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 и 700 пар нуклеотидов), 2 – Боярин (контроль не функционального аллеля), 3 – C104-LAC (положительный контроль), 4 – H₂O (отрицательный контроль опыта), 5 – 2791, 6 – 2826, 7 – 2827, 8 – 2828, 9 – 2829, 10 – 2830, 11 – 2831, 12 – 2832, 13 – 2833, 14 – 3138, 15 – 3141, 16 – 3145, 17 – 3146

Fig. 1. Electropherogram of analysis of rice samples to identify the blast resistance gene Pi-1: 1, 18 – DNA length marker 50+ bp DNA Ladder Evrogen (amplicon size from bottom to top – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 and 700 pairs of nucleotides), 2 – Boyarin (control of non-functional allele), 3 – C104-LAC (positive control), 4 – H₂O (negative control), 5 – 2791, 6 – 2826, 7 – 2827, 8 – 2828, 9 – 2829, 10 – 2830, 11 – 2831, 12 – 2832, 13 – 2833, 14 – 3138, 15 – 3141, 16 – 3145, 17 – 3146

В образцах 6, 7, 11, 12 и 13 были идентифицированы фрагменты ДНК, аналогичные по размеру ампликону сорта C104-LAC (положительный контроль), – 137 п. н. (пар нуклеотидов). Это свидетельствует о том, что у них есть функциональный аллель гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-1.

Ампликон меньшего размера, чем у контрольного сорта (115 п. н.), выявлен у образцов 5, 8, 9, 10, 14, 15 и 16, что показывает наличие нефункционального (рецессивного) аллеля гена устойчивости к пирикулярриозу pi-1. У образца 17 амплификация бэнда не зафиксирована.

Всего было идентифицировано 283 селекционных образцов риса с функциональным аллелем гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-1 (2752, 2756, 2768, 2769, 2792, 2793 и др.). Установлено наличие гетерозиготного аллельного состояния у трех образцов риса (5050, 5133, 5633). Нефункциональный аллель гена pi-1 идентифицирован у 133 образцов риса. У 27 образцов не выявлено ни одного аллеля гена Pi-1.

В результате анализа образцов риса на наличие гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-2 с использованием маркера Rm527 были получены электрофореграммы агарозных гелей. На рис. 2 представлен фрагмент одной из электрофореграмм продуктов амплификации образцов риса на 2 %-м агарозном геле.

У образцов 8 и 12 выявлен ампликон размером 233 пар нуклеотидов, аналогичный ампликону сорта-донора гена устойчивости к пирикулярриозу C101-A-51. У остальных образцов, представленных на рис. 2, выявлены ампликоны, аналогичные по размеру рецессивному аллелю сорта Боярин (220 п. н.).

Всего в результате проведенных анализов 446 селекционных образцов риса был идентифицирован 181 образец с функциональным аллелем гена Pi-2 (2798, 2814, 3295, 3298, 3301, 5446/1 и др.). Гетерозиготное аллельное состояние гена Pi-2 было выявлено у одного образца (5654). Нефункциональный гомозиготный аллель pi-2 идентифицирован у 250 образцов. У 14 образцов не идентифицировано ни одного аллеля гена Pi-2.

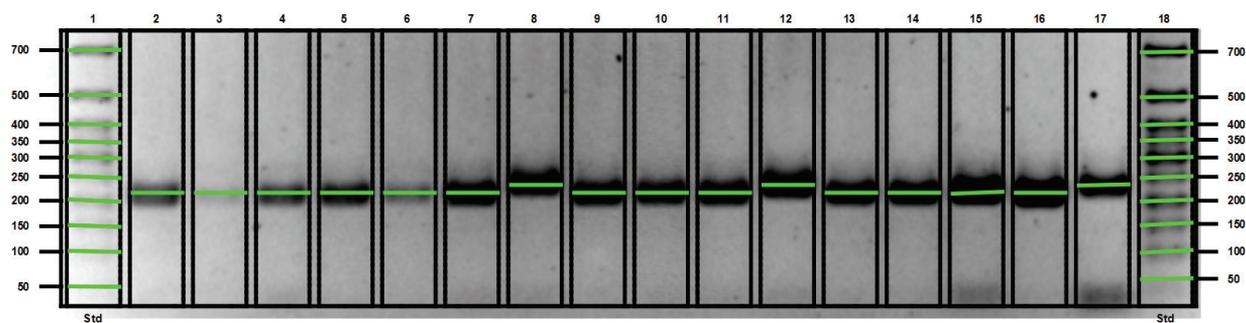


Рис. 2. Электрофореграмма анализа образцов риса по определению гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-2: 1, 18 – маркер длин ДНК 50+ bp DNA Ladder Евроген (размер ампликонов снизу вверх – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 и 700 п.н.), 2 – 5628/3, 3 – 5631/1, 4 – 5631/2, 5 – 5631/3, 6 – 5667, 7 – 5683, 8 – 5690, 9 – 5691, 10 – 5735, 11 – 5736, 12 – 5744, 13 – 5745, 14 – 5746, 15 – 5747, 16 – Боярин (контроль нефункционального аллеля), 17 – С101-А-51 (положительный контроль)

Fig. 2. Electropherogram of analysis of rice samples to identify the blast resistance gene Pi-2:

1, 18 – DNA length marker 50+ bp DNA Ladder Evrogen (amplicon size from bottom to top – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 and 700 p. of n.), 2 – 5628/3, 3 – 5631/1, 4 – 5631/2, 5 – 5631/3, 6 – 5667, 7 – 5683, 8 – 5690, 9 – 5691, 10 – 5735, 11 – 5736, 12 – 5744, 13 – 5745, 14 – 5746, 15 – 5747, 16 – Boyarin (control of non-functional allele), 17 – C101-A-51 (positive control)

В результате скрининга образцов риса с использованием маркера Rm310 на наличие аллелей гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-33

нами были получены электрофореграммы амплификатов. На рис. 3 приведен фрагмент одной из таких электрофореграмм.



Рис. 3. Электрофореграмма анализа образцов риса по определению гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-33: 1, 18 – маркер молекулярного веса 50+ bp DNA Ladder Евроген (размер ампликонов снизу вверх – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 и 700 п.н.), 2 – С101-А-51 (донор гена Pi-2, положительный контроль), 3 – Боярин (контроль нефункционального аллеля), 4 – H₂O (отрицательный контроль опыта), 5 – 5683, 6 – 5690, 7 – 5691, 8 – 5735, 9 – 5736, 10 – 5744, 11 – 5745, 12 – 5746, 13 – 5747, 14 – 5751, 15 – 5753/1, 16 – 5753/2, 17 – 5753/3

Fig. 3. Electropherogram of analysis of rice samples to identify the blast resistance gene Pi-33:

1, 18 – Molecular weight marker 50+ bp DNA Ladder Evrogen (amplicon size from bottom to top – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 and 700 p. of n.), 2 – C101-A-51 (donor of the gene Pi-2, positive control), 3 – Boyarin (control of non-functional allele), 4 – H₂O (negative control), 5 – 5683, 6 – 5690, 7 – 5691, 8 – 5735, 9 – 5736, 10 – 5744, 11 – 5745, 12 – 5746, 13 – 5747, 14 – 5751, 15 – 5753/1, 16 – 5753/2, 17 – 5753/3

Ампликон образца 13 находится в ожидаемом районе и составляет 95 пар нуклеотидов, следовательно, у него имеется доминантный ген устойчивости к пирикулярриозу Pi-33.

У образцов 5, 7, 10, 12, 15, 16, 17 идентифицирован аллель, аналогичный аллелю сорта Боярин (120 п. н.), следовательно, у них имеется нефункциональный аллель гена pi-33.

У остальных образцов, представленных на рис. 3, ампликоны аллелей гена Pi-33 не были идентифицированы, амплификация не происходила.

В результате проведенного анализа было идентифицировано 88 селекционных образцов с функциональным алллем гена Pi-33 (2798, 5558/4, 5747, 5753/4, 2621 и др.). Гетерозигота

выявлена у 5 образцов риса (2628, 5133, 5425/3, 5435/3 и 5570/4). Нефункциональный аллель гена *pi-33* идентифицирован у 167 образцов. У 186 образцов риса не выявлено ни одного аллеля гена *Pi-33*.

В результате изучения 316 селекционных образцов риса на наличие аллелей гена *Pi-ta* были получены рабочие электрофореграммы гелей, пример одной из которых показан на рисунке 4.

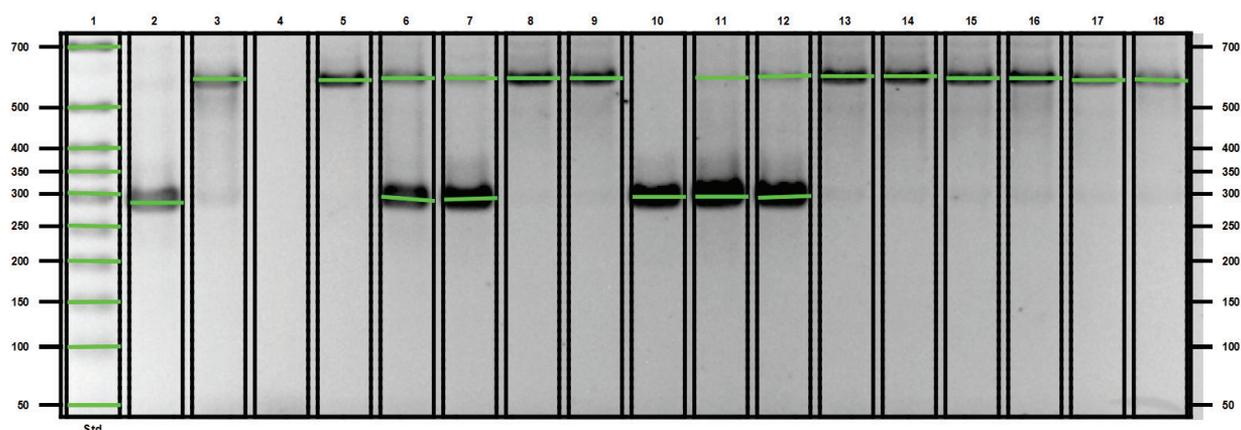


Рис. 4. Электрофореграмма анализа образцов риса по определению гена устойчивости к пирикулярриозу *Pi-ta*: 1 – маркер длин ДНК 50+ bp DNA Ladder Евроген (размер ампликонов снизу вверх – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 и 700 пар нуклеотидов), 2 – IR36 (контроль функционального аллеля), 3 – Боярин (контроль нефункционального аллеля), 4 – H₂O (внутренний контроль), 5 – 2650, 6 – 2657, 7 – 2658, 8 – 2662, 9 – 2669, 10 – 2670, 11 – 2682, 12 – 2684, 13 – 2686, 14 – 2691, 15 – 2692, 16 – 2697, 17 – 2698, 18 – 2702

Fig. 4. Electropherogram of analysis of rice samples to identify the blast resistance gene *Pi-ta*:

1 – DNA length marker 50+ bp DNA Ladder Evrogen (amplicon size from bottom to top – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 and 700 p. of n.), 2 – IR36 (functional allele control), 3 – Boyarin (control of non-functional allele), 4 – H₂O (internal control), 5 – 2650, 6 – 2657, 7 – 2658, 8 – 2662, 9 – 2669, 10 – 2670, 11 – 2682, 12 – 2684, 13 – 2686, 14 – 2691, 15 – 2692, 16 – 2697, 17 – 2698, 18 – 2702

У образца под номером десять был выявлен бэнд 270 п. н., аналогичный ампликону положительного контроля (сорта IR36), следовательно, у него имеется доминантный аллель гена *Pi-ta*. У образцов 6, 7, 11 и 12 идентифицировано гетерозиготное аллельное состояние гена *Pi-ta*. У остальных образцов, показанных на рис. 4, видны ампликоны, которые ассоциированы с нефункциональным гомозиготным аллелем гена *pi-ta* (563 п. н.).

В результате проведенного анализа было идентифицировано 64 образца с функциональным аллелем гена *Pi-ta* (2595, 2596, 2658, 2670, 2682 и др.). Гетерозиготное аллельное состоя-

ние гена *Pi-ta* идентифицировано у 29 образцов (2601, 2607, 2608, 2610, 2611, 2657, 2658, 2682, 2684 и др.). Нефункциональный гомозиготный аллель *pi-ta* выявлен у 213 образцов. У 10 образцов не идентифицирован ни один аллель гена *Pi-ta*

В результате проведения анализа 323 образцов риса на наличие аллелей гена устойчивости к пирикулярриозу *Pi-b* были получены рабочие электрофореграммы. На рис. 5 показана электрофореграмма амплификации ДНК селекционных образцов риса в присутствии маркера *Pi-b* F4R5R6.

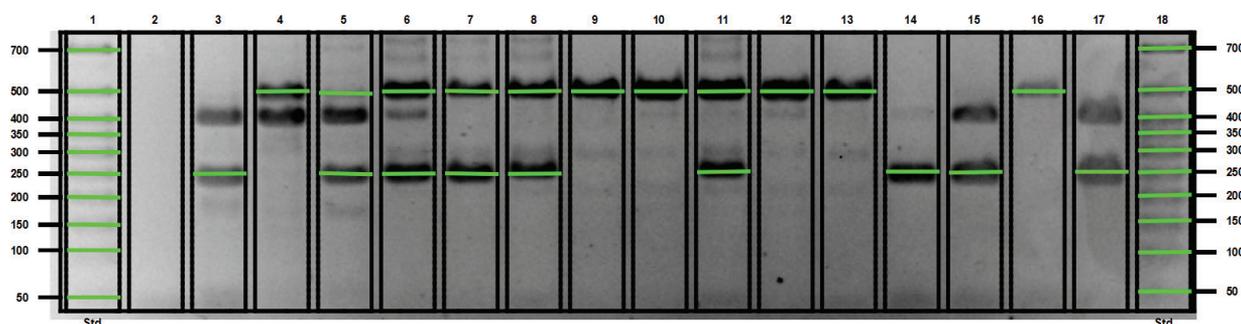


Рис. 5. Электрофореграмма анализа образцов риса по определению гена устойчивости к пирикулярриозу *Pi-b*: 1, 18 – маркер длин ДНК 50+ bp DNA Ladder Евроген (размер ампликонов снизу вверх – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 и 700 п.н.), 2 – H₂O (внутренний контроль), 3 – Боярин (контроль нефункционального аллеля), 4 – BL-1 (донор гена *Pi-b*, положительный контроль), 5 – 2657, 6 – 2658, 7 – 2662, 8 – 2669, 9 – 2670, 10 – 2682, 11 – 2684, 12 – 2686, 13 – 2691, 14 – 2692, 15 – 2715, 16 – 2721, 17 – 2722

Fig. 5. Electropherogram of analysis of rice samples to identify the blast resistance gene *Pi-b*:

1, 18 – DNA length marker 50+ bp DNA Ladder Evrogen (amplicon size from bottom to top – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 and 700 p.n.), 2 – H₂O (internal control), 3 – Boyarin (control of non-functional allele), 4 – BL-1 (donor of the gene *Pi-b*, positive control), 5 – 2657, 6 – 2658, 7 – 2662, 8 – 2669, 9 – 2670, 10 – 2682, 11 – 2684, 12 – 2686, 13 – 2691, 14 – 2692, 15 – 2715, 16 – 2721, 17 – 2722

Доминантный аллель гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-b размером 490 пар нуклеотидов выявлен у образцов 9, 10, 12, 13, 16. Нефункциональный аллель гена pi-b (249 п. н.) идентифицирован у образцов 14, 15, 17. У остальных образцов, представленных на рис. 5, выявлено гетерозиготное аллельное состояние гена Pi-b.

У ряда образцов выявлен ампликон размером 400 пар нуклеотидов, который отличается от описанных авторами молекулярного маркера размеров устойчивого и восприимчивого аллелей гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-b. Это может быть связано как с различными изменениями в геноме образцов, так и с проявлением неспецифической амплификации при ПЦР.

В результате проведенного анализа было идентифицировано 116 образцов риса с функциональным аллелем гена Pi-b (2595, 2596, 2658, 2670, 2682 и др.). Гетерозиготное аллельное состояние гена Pi-b было идентифицировано у 20 образцов риса (2657, 2658, 2662, 2669, 2684 и др.). Нефункциональный гомозиготный аллель гена pi-b выявлен у 181 образца. У 6 образцов риса амплификация не происходила, аллели гена Pi-b не были выявлены.

На наличие гена Pi-40 анализировалось 34 селекционных образца риса. В результате проведенного скрининга было сфотографировано несколько электрофореграмм. На рисунке 6 показана одна из них. В проведенной реакции использовался маркер Rm3330.

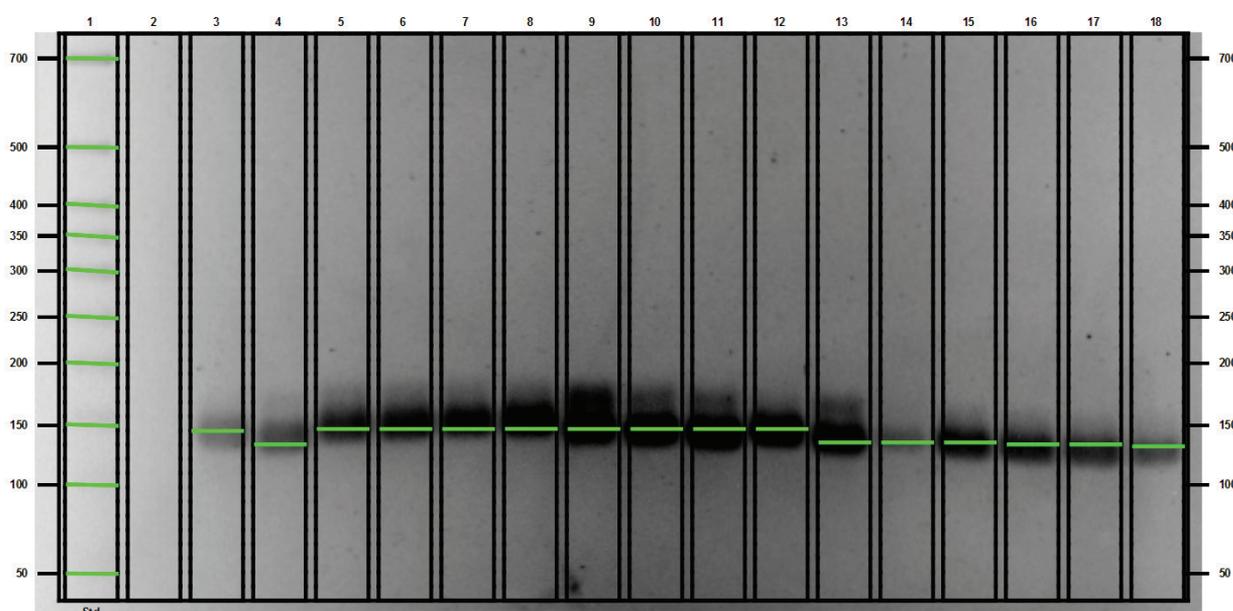


Рис. 6. Электрофореграмма анализа образцов риса по определению гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-40: 1 – маркер молекулярного веса 50+ bp Евроген (50–700 п.н.), 2 – H₂O (внутренний контроль), 3 – K8223 (контроль функционального аллеля), 4 – Боярин (контроль нефункционального аллеля), 5 – 2834, 6 – 2835, 7 – 2836, 8 – 2837, 9 – 2450/1, 10 – 5450/2, 11 – 2450/2, 12 – 5450/3, 13 – 2772, 14 – 2774, 15 – 2775, 16 – 2776, 17 – 2777, 18 – 2778

Fig. 6. Electropherogram of analysis of rice samples to identify the blast resistance gene Pi-40: 1 – Molecular weight marker 50+ bp DNA Ladder Evrogen (amplicon size from bottom to top – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 and 700 p. of n.), 2 – H₂O (internal control), 3 – K8223 (control of functional allele), 4 – Boyarin (control of non-functional allele), 5 – 2834, 6 – 2835, 7 – 2836, 8 – 2837, 9 – 2450/1, 10 – 5450/2, 11 – 2450/2, 12 – 5450/3, 13 – 2772, 14 – 2774, 15 – 2775, 16 – 2776, 17 – 2777, 18 – 2778

У образцов 5–12, показанных на рисунке 6, выявлен бэнд размером 145 пар нуклеотидов, а значит, и доминантный аллель гена устойчивости к пирикулярриозу Pi-40. У остальных образцов, с 13-го по 18-й, идентифицирован нефункциональный аллель гена pi-40 (130 п. н.).

Всего в результате скрининга селекционных образцов риса нами был выявлен доминантный аллель гена устойчивости к пирикулярриозу у 19 образцов риса (2834, 2835, 2836, 2837, 2450/1 и др.). Нефункциональный аллель был идентифицирован у 14 образцов. Один об-

разец не обладал ни одним из аллелей гена Pi-40.

Идентификация сочетаний генов устойчивости к пирикулярриозу у риса. В результате анализа полученной базы данных (общее число записей составило 678 единиц) были выявлены образцы, несущие сочетания нескольких генов устойчивости к пирикулярриозу.

У 99 образцов риса не было выявлено ни одного из изучаемых в данном исследовании гена, что составило 20,67 % от суммарного числа (рис. 7).

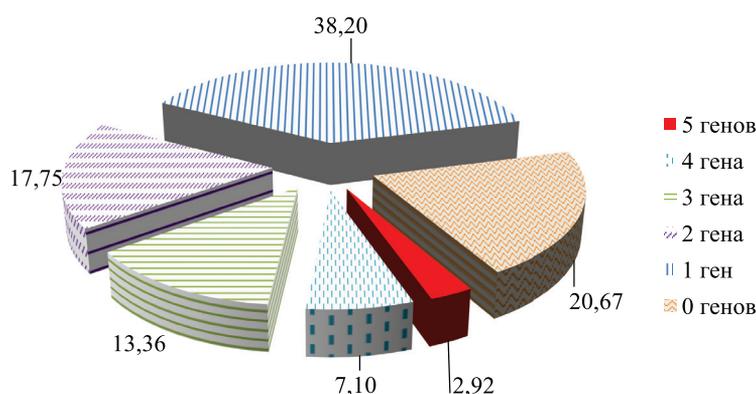


Рис. 7. Число сочетаемых генов устойчивости к пирикулярриозу в селекционных образцах риса, %
Fig. 7. Number of combined blast resistance genes in rice breeding samples, %

Один ген устойчивости к пирикулярриозу выявлялся у 38,20 % образцов (183 шт.). Два гена устойчивости в той или иной комбинации – у 17,75 % образцов (85 шт.).

Три гена устойчивости к пирикулярриозу было определено у 13,36 % образцов риса (64 шт.).

Четырьмя генами устойчивости к пирикулярриозу в различных сочетаниях обладали 7,10 % образцов (34 шт.).

Наибольшее количество, 5 генов устойчивости, в нескольких вариациях идентифицировалось у 2,92 % образцов риса (14 шт.).

В таблице показаны образцы риса, которые обладают сочетанием 4 и 5 генов устойчивости к пирикулярриозу.

Селекционные образцы риса, обладающие сочетанием 4 и 5 генов устойчивости к пирикулярриозу Breeding rice samples with a combination of 4 and 5 blast resistance genes

Наименование генов устойчивости	Число образцов	Номер селекционных образцов риса
Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-ta	5 шт.	5005, 5017, 5024, 5656, 5663
Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-b	22 шт.	2726, 2731, 2737, 2738, 2787, 2831, 5006, 5068, 5102, 5110, 5113, 5116, 5123, 5124, 5125, 5126, 5131, 5421/3, 5643, 5664, 5668, 5350/1
Pi-1, Pi-2, Pi-ta, Pi-b	3 шт.	2682, 3282, 5669
Pi-1, Pi-33, Pi-ta, Pi-b	2 шт.	5108, 5641
Pi-1, Pi-33, Pi-b, Pi-40	1 шт.	5450/3
Pi-2, Pi-33, Pi-ta, Pi-b	1 шт.	3275
Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-ta, Pi-b	12 шт.	2723, 2724, 2727, 2728, 2729, 2730, 2733, 2735, 2736, 5007, 5671, 5673
Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-b, Pi-40	2 шт.	5450/2, 2450/2

Выводы. В результате проведенных исследований среди образцов лаборатории селекции и семеноводства риса нами были выделены образцы, несущие в себе гены с функциональными аллелями генов устойчивости к пирикулярриозу. Ген Pi-1 идентифицирован у 283 образцов (2752, 2756, 2768, 2769, 2792, 2793 и др.). Ген устойчивости риса к пирикулярриозу Pi-2 выявлен у 181 образца (2798, 2814, 3295, 3298, 3301, 5446/1 и др.). Ген Pi-33 установлен у 88 образцов (2798, 5558/4, 5747, 5753/4, 2621 и др.). Ген Pi-ta выявлен у 64 образцов (2595, 2596, 2658, 2670, 2682 и др.). Ген Pi-b идентифицирован у 116 образцов (2595, 2596, 2658, 2670, 2682

и др.). Ген Pi-40 установлен в 19 образцах (2834, 2835, 2836, 2837, 2450/1 и др.).

Идентифицировано сочетание 5 генов устойчивости к пирикулярриозу у 14 селекционных образцов риса – 2723, 2724, 2727, 2728, 2729, 2730, 2733, 2735, 2736, 5007, 5671, 5673, 5450/2 и 2450/2.

Информация, полученная по результатам проведенных нами исследований, далее может быть применена селекционерами для использования ценных генотипов в качестве доноров при скрещиваниях, а также для отбора перспективного селекционного материала, устойчивого к пирикулярриозу.

Библиографические ссылки

1. Дубина Е. В., Шиловский В. Н., Рубан М. Г., Оглы А. М., Пищенко Д. А., Балясный И. В., Макуха Ю. А., Максименко Е. П., Никитина И. Б. ДНК-технологии в селекции риса на устойчивость к пирикулярриозу // Рисоводство. 2018. № 3 (40). С. 6–12.
2. Илюшко М. В., Ромашова М. Р., Фисенко П. Ф., Суницкая Т. С., Гученко С. Г., Лелявская В. Л. Идентификация гена устойчивости риса к пирикулярриозу Pi-ta2 в коллекционных образцах и дальневосточных сортах риса методом молекулярного маркирования // Вестник защиты растений. 2019. № 1(99). С. 36–39. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-1(99)-36-39
3. Коротенко Т. Л., Брагина О. А., Супрун И. И., Мухина Ж. М., Епифанович Ю. В., Петрухненко А. А., Хорина Т. А. Резистентность к возбудителю пирикулярриоза и морфобиологические осо-

бенности генотипов коллекции *Oryza sativa* L. из разных экологогеографических групп в условиях Кубанской зоны рисосеяния // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(1). С. 69–78. DOI: 10.18699/VJ18.333

4. Костылев П.И., Краснова Е.И., Тесля Ю.П., Аксенов А.В., Костылева Л.М., Дубина Е.В., Мухина Ж.М. Новый, устойчивый к пирикулярриозу сорт риса Пируэт // Рисоводство. 2018. № 1 (38). С. 28–34.

5. Мухина Ж.М., Мягих Ю.А., Богомаз Д., Матвеева Т. В, Токмаков С.В. Создание кодоминантного молекулярного ПЦР-маркера для идентификации гена расоспецифической устойчивости к пирикулярриозу риса Pi-ta // Рисоводство. 2008. № 7. С. 3–4.

6. Рсалиев А.С., Пахратдинова Ж.У., Амирханова Н.Т., Ыскакова Г.Ш. Идентификация источников устойчивости риса к пирикулярриозу // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. 2015. Т. 5, № 311. С. 84–91.

7. Супрун И.И., Ильницкая Е.Т., Мухина Ж.М. Создание внутригенного ДНК-маркера гена устойчивости к пирикулярриозу риса Pi-b и его использование в практической селекции // Сельскохозяйственная биология. 2007. № 5. С. 63–66.

8. Супрун И.И., Ковалев В.С., Шиловский В.Н. Разработка мультиплексной ДНК-маркерной системы идентификации генов устойчивости риса к пирикулярриозу Pi-40 и Pi-b [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 94(10). 2013. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/19.pdf> (дата обращения: 31.03.2023).

9. Asibi A. E., Chai Q., Coulter J. A. Rice Blast: a disease with implications for global food security // Agronomy. 2019. Vol. 9, Iss. 8. P. 451. DOI: 10.3390/agronomy9080451

10. El-Abbasi I. H., Khalil A. A., Awad H. M., Shoala T. Nano-diagnostic technique for detection of rice pathogenic fungus *Pyricularia oryzae* // Indian Phytopathology. 2020. Vol. 73, P. 673–682. DOI: 10.1007/s42360-020-00254-7

11. Fuentes J. L., Correa-Victoria F. J., Escobar F., Prado G., Aricapa G., Dukue M. C., Tohme J. Identification of microsatellite markers linked to the blast resistance gene Pi-1(t) in rice. // Euphytica. 2008. Vol. 160, P. 295–304. DOI: 10.1007/s10681-007-9497-0.

12. Jiang J., Mou T., Yu H., Zhou F. Molecular breeding of thermo-sensitive genic male sterile (TGMS) lines of rice for blast resistance using Pi2 gene. // Rice. 2015. Vol. 8(1), Article number: 11. DOI: 10.1186/s12284-015-0048-3

13. Khayitov M. Y., Qalandarov B. I., Ergashev M. A., Axtamov M. A. Study of rice genotypes and their use in the process of selection // E3S Web Conferences. 2021. Vol. 244, Article number: 02001. DOI: 10.1051/e3sconf/202124402001

14. Mullis K., Faloona F., Scharf S. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: The polymerase chain reaction // Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 1986. Vol. 51, Iss. 2. P. 263–273. DOI: 10.1101/sqb.1986.051.01.032

15. Yadav A., Sharma A., Kumar A., Yadav R., Kumar R. SSR based molecular profiling of elite cultivars of basmati rice (*Oryza sativa* L.) // Research Journal of Biotechnology. 2021. Vol. 16, № 12. P. 55–63. DOI: 10.25303/1612rjbt5563

16. Yulensri Y., Noveri A. Efektifitas formulasi cair konsorsium bakteri sebagai pengendali hama dan penyakit pada padi sawah organik // Jurnal Ilmiah Inovasi. 2020. Vol. 20, Iss. 3. P. 35–40. DOI: 10.25047/jii.v20i3.2366

17. Sahu P. K., Sao R., Choudhary D. K., Thada A., Kumar V., Mondal S., Das B. K., Jankuloski L., Sharma D. Advancement in the Breeding, Biotechnological and Genomic Tools towards Development of Durable Genetic Resistance against the Rice Blast Disease // Plants. 2022. Vol. 11, Iss. 18. Article number: 2386. DOI: 10.3390/plants11182386

18. Sharma R. C., Shrestha S. M., Pandey M. P. Inheritance of Blast Resistance and Associated Microsatellite Markers in Rice Cultivar 'Laxmi' // Journal of Phytopathology. 2007. Vol. 155, Iss. 11–12. P. 749–753. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2007.01298.x

References

1. Dubina E. V., Shilovskii V. N., Ruban M. G., Ogly A. M., Pishchenko D. A., Balyasnyi I. V., Makukha Yu. A., Maksimenko E. P., Nikitina I. B. ДНК-технологии в селекции риса на устойчивость к пирикулярриозу [DNA technology in rice breeding for blast resistance] // Рисоводство. 2018. № 3 (40). С. 6–12.

2. Ilyushko M. V., Romashova M. R., Fisenko P. F., Sunitskaya T. S., Guchenko S. G., Lelyavskaya V. L. Идентификация гена устойчивости риса к пирикулярриозу Pi-ta2 в коллекционных образцах и дальневосточных сортах риса методом молекулярного маркирования [Identification of the rice blast resistance gene Pi-ta2 in collection samples and Far Eastern rice varieties using the molecular labeling method] // Vestnik zashchity rastenii. 2019. № 1(99). С. 36–39. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-1(99)-36-39

3. Korotenko T. L., Bragina O. A., Suprun I. I., Mukhina Zh. M., Epifanovich Yu. V., Petrukhnenko A. A., Khorina T. A. Резистентность к возбудителю пирикулярриоза и морфобиологические особенности генотипов коллекции *Oryza sativa* L. из разных экологогеографических групп в условиях Кубанской зоны рисосеяния [Resistance to the blast pathogen and morphobiological characteristics of genotypes of the *Oryza sativa* L. collection from different ecological and geographical groups in the conditions of the Kuban rice growing zone] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(1). С. 69–78. DOI: 10.18699/VJ18.333

4. Kostylev P. I., Krasnova E. I., Teslya Yu. P., Aksenov A. V., Kostyleva L. M., Dubina E. V., Mukhina Zh. M. Novyi, ustoichivyi k pirikulyariozu sort risa Piruet [New blast resistant rice variety 'Piruet'] // Рисоводство. 2018. № 1 (38). С. 28–34.

5. Mukhina Zh. M., Myagkikh Yu. A., Bogomaz D., Matveeva T. V., Tokmakov S. V. Sozdanie kodominantnogo molekulyarnogo PTsR-markera dlya identifikatsii gena rasospetsificheskoi ustoichivosti

k pirikulyariozu risa Pi-ta [Development of a codominant molecular PCR marker to identify the gene for race-specific resistance to rice blast Pi-ta] // Risovodstvo. 2008. № 7. S. 3–4.

6. Rsaliev A. S., Pakhratdinova Zh. U., Amirkhanova N. T., Yskakova G. Sh. Identifikatsiya istochnikov ustoichivosti risa k pirikulyariozu [Identification of rice blast resistance sources] // Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Respubliki Kazakhstan. 2015. T. 5, № 311. S. 84–91.

7. Suprun I.I., Il'nitskaya E. T., Mukhina Zh. M. Sozdanie vnutrigen'nogo DNK-markera gena ustoichivosti k pirikulyariozu risa Pi-b i ego ispol'zovanie v prakticheskoi selektsii [Development of an intragenic DNA marker for the rice blast resistance gene Pi-b and its use in practical breeding] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2007. № 5. S. 63–66.

8. Suprun I.I., Kovalev V.S., Shilovskii V.N. Razrabotka mul'tipleksnoi DNK-markernoi sistemy identifikatsii genov ustoichivosti risa k pirikulyariozu Pi-40 i Pi-b [Development of a multiplex DNA marker system for identifying rice blast resistance genes Pi-40 and Pi-b] [Elektronnyi resurs] // Nauchnyi zhurnal KubGAU. 2013. № 94(10). 2013. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/19.pdf> (data obrashcheniya: 31.03.2023).

9. Asibi A. E., Chai Q., Coulter J. A. Rice Blast: a disease with implications for global food security // Agronomy. 2019. Vol. 9, Iss. 8. R. 451. DOI: 10.3390/agronomy9080451.

10. El-Abbasi I. H., Khalil A. A., Awad H. M., Shoala T. Nano-diagnostic technique for detection of rice pathogenic fungus *Pyricularia oryzae* // Indian Phytopathology. 2020. Vol. 73, P. 673–682. DOI: 10.1007/s42360-020-00254-7

11. Fuentes J. L., Correa-Victoria F. J., Escobar F., Prado G., Aricapa G., Dukue M. C., Tohme J. Identification of microsatellite markers linked to the blast resistance gene Pi-1(t) in rice. // Euphytica. 2008. Vol. 160, P. 295–304. DOI: 10.1007/s10681-007-9497-0

12. Jiang J., Mou T., Yu H., Zhou F. Molecular breeding of thermo-sensitive genic male sterile (TGMS) lines of rice for blast resistance using Pi2 gene. // Rice. 2015. Vol. 8(1), Article number: 11. DOI: 10.1186/s12284-015-0048-3

13. Khayitov M. Y., Qalandarov B. I., Ergashev M. A., Axtamov M. A. Study of rice genotypes and their use in the process of selection // E3S Web Conferences. 2021. Vol. 244, Article number: 02001. DOI: 10.1051/e3sconf/202124402001

14. Mullis K., Faloona F., Scharf S. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: The polymerase chain reaction // Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 1986. Vol. 51, Iss. 2. P. 263–273. DOI: 10.1101/sqb.1986.051.01.032

15. Yadav A., Sharma A., Kumar A., Yadav R., Kumar R. SSR based molecular profiling of elite cultivars of basmati rice (*Oryza sativa* L.) // Research Journal of Biotechnology. 2021. Vol. 16, № 12. P. 55–63. DOI: 10.25303/1612rjbt5563

16. Yulensri Y., Noveri A. Efektifitas formulasi cair konsorsium bakteri sebagai pengendali hama dan penyakit pada padi sawah organik // Jurnal Ilmiah Inovasi. 2020. Vol. 20, Iss. 3. P. 35–40. DOI: 10.25047/jii.v20i3.2366

17. Sahu P. K., Sao R., Choudhary D. K., Thada A., Kumar V., Mondal S., Das B. K., Jankuloski L., Sharma D. Advancement in the Breeding, Biotechnological and Genomic Tools towards Development of Durable Genetic Resistance against the Rice Blast Disease // Plants. 2022. Vol. 11, Iss. 18. Article number: 2386. DOI: 10.3390/plants11182386

18. Sharma R. C., Shrestha S. M., Pandey M. P. Inheritance of Blast Resistance and Associated Microsatellite Markers in Rice Cultivar 'Laxmi' // Journal of Phytopathology. 2007. Vol. 155, Iss. 11–12. P. 749–753. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2007.01298.x

Поступила: 17.05.23; доработана после рецензирования: 26.09.23; принята к публикации: 27.09.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шумская О. В. – сбор лабораторных данных, подготовка рукописи; Вождова Н. Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Жогалева О. С., Дубина А. Ю. – сбор лабораторных данных; Костылев П. И. – концептуализация исследования.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СЕЛЕКЦИЯ СОРТОВ ДВУРУЧЕК ЯЧМЕНЯ В ФГБНУ АНЦ «ДОНСКОЙ»

А. А. Донцова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Д. П. Донцов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

Е. Г. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Статья посвящена изучению перспективных линий ячменя с альтернативным типом развития (двуручки). Известные селекционеры П. Ф. Гаркавый и В. М. Шевцов считали, что именно за сортами двуручками ячменя будущее, поскольку они обладают высокими адаптационными свойствами. Сорта двуручки обладают рядом преимуществ: их можно использовать для ранневесеннего подсева изреженных осенних посевов озимого ячменя семенами того же сорта и погибших посевов озимых колосовых, а также в получении высококачественных семян из весеннего посева для осеннего посева. Поэтому выращивание в производстве сортов двуручек является актуальным и востребованным. Цель исследований – оценка нового селекционного материала сортов двуручек ячменя в условиях юга Ростовской области. Исследования проводили в 2021–2023 гг. на полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя АНЦ «Донской». В конкурсном сортоиспытании проходили исследование 12 перспективных линий двуручек и два лучших на данный момент сорта двуручки ячменя Степ и Маруся. Проведена комплексная оценка изучаемых образцов по таким признакам, как продолжительность вегетационного периода, устойчивость к полеганию и поражению листовыми болезнями, масса 1000 зерен, количество зерен в колосе, количество продуктивных стеблей на м², урожайность. По устойчивости к полеганию в среднем за три года были выделены сорта Маруся и Степ, а также линии Параллелум 2019, 2139, 2110, 2128, 2152, 2153 и Паллидум 2100; по крупности зерна – Степ, Маруся, Параллелум 2141, 2110, 2128, 2149, 2152 и Паллидум 2100. Сорта Параллелум 2139, 2128, 2136, 2110, 2149, 2152, 2153, Маруся показали наибольшую прибавку к стандарту – 1 т/га. На основании полученных данных все изучаемые сорта получили балльную оценку по комплексу хозяйственно ценных признаков. Выделен сорт Параллелум 2128, получивший максимальное количество баллов, который был подготовлен к передаче на изучение в Госсортокомиссии РФ.

Ключевые слова: ячмень двуручка, сортоиспытание, урожайность, масса 1000 зерен, устойчивость к полеганию.

Для цитирования: Донцова А.А., Донцов Д.П., Филиппов Е.Г. Селекция сортов двуручек ячменя в ФГБНУ АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 39–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-39-47.



BREEDING OF THE FACULTATIVE BARLEY VARIETIES AT THE FSBSI ARC “DONSKOY”

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

D. P. Dontsov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

E. G. Filippov, Candidate of Agricultural Sciences, docent, head of the department of barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The current paper is devoted to the study of promising barley lines with an alternative type of development (facultative). Famous breeders P.F. Garkavy and V.M. Shevtsov believed that the future belonged to the facultative barley varieties, since they had high adaptive properties. Facultative varieties have several advantages, such as they can be used for early spring reseeding of sparse autumn crops of winter barley with seeds of the same variety and dead crops of winter cereals, as well as for obtaining high-quality seeds from spring sowing for autumn sowing. In connection with the above, the cultivation of facultative varieties for production is of great relevance and necessity. The purpose of the current study was to estimate new breeding material for facultative barley varieties in the conditions of the south of the Rostov region. The study was carried out in 2021–2023 in the fields of scientific crop rotation of the department of barley breeding and seed production of the ARC “Donskoy”. In the first competitive variety testing there have been studied 12 promising facultative barley lines and the two currently best facultative barley varieties ‘Step’ and ‘Marusya’. There has been carried out comprehensive estimation of the studied samples based on such traits as the length of a vegetation period, resistance to lodging and damage by leaf diseases, 1000-grain weight, number of grains per an ear, number of productive stems per square meter, productivity. According to lodging resistance on average over three years, there were identified the varieties ‘Marusya’ and ‘Step’, as well as the lines Parallelum 2019, 2139, 2110, 2128, 2152, 2153 and Pallidum 2100; according to grain size the best varieties and lines were ‘Step’, ‘Marusya’, Parallelum 2141, 2110, 2128, 2149, 2152 and Pallidum 2100. The variety ‘Marusya’ and the lines Parallelum

2139, 2128, 2136, 2110, 2149, 2152, 2153 have shown the greatest productivity increase of 1 t/ha to the standard. Based on the data obtained, all studied varieties received a score based on a complex of economically valuable traits. The variety 'Parallelum 2128', which received the maximum number of points, was selected, and prepared for sending to the State Variety Commission of the Russian Federation for study.

Keywords: facultative barley, variety testing, productivity, 1000-grain weight, lodging resistance.

Введение. Ячмень является второй зерновой культурой после пшеницы по значимости и объемам производства в России, которая используется в пищевых, кормовых и технических целях. Прочное место среди зерновых колосовых культур он завоевал за счет высокой пластичности, достаточно короткого вегетационного периода, что позволяет ему произрастать в различных почвенно-климатических условиях практически во всех регионах России (Гудзенко, 2019).

Селекция ячменя является одним из важнейших направлений в сельском хозяйстве, позволяющая получить новые сорта, отличающиеся повышенной урожайностью, устойчивостью к болезням и адаптированностью к различным климатическим условиям. Это процесс систематического отбора и скрещивания сортов с целью выведения новых генетических линий, отвечающих потребностям современного аграрного сектора.

Исторически сложившаяся практика показывает, что селекция ячменя играет значительную роль в улучшении жизнеобеспечения человечества. Она позволила получить сорта с повышенным содержанием питательных веществ, улучшенным качеством, а также способностью выдерживать неблагоприятные погодные условия.

Основной целью селекции ячменя является повышение урожайности. Этому способствует создание сортов, лучше приспособленных к конкретной местности, с адаптированностью к особенностям почвы, климата и возделывания. Такие сорта способны обеспечить стабильный и высокий урожай даже в неблагоприятных условиях, что имеет большое значение для экономики и продовольственной безопасности страны.

Важным аспектом селекции ячменя является также повышение устойчивости к болезням и вредителям. Благодаря выделению сортов с повышенным иммунитетом удалось снизить потери урожая, связанные с нашествием паразитов и заболеваниями растений. Такие сорта требуют меньшего применения химических средств защиты, что сокращает расходы и благоприятно влияет на экологическую ситуацию.

Другим важным направлением в селекции ячменя является получение сортов с повышенным содержанием полезных веществ. Современные потребители все больше ориентируются на здоровое питание, поэтому селекционеры стараются получить сорта с повышенным содержанием белка, витаминов и минералов. Благодаря этому ячмень занимает достойное место в рационе питания, обеспечивая организм полезными веществами.

Хорошо разработанный и организованный процесс селекции ячменя требует глубоких знаний и навыков специалистов в области генетики, агрономии и молекулярной биологии. Профессиональные селекционеры и ученые тесно сотрудничают, проводя множество исследований, скрещивая различные генотипы и выявляя наилучшие комбинации для получения новых сортов.

Селекция ячменя является сложным и многогранным процессом, однако результаты этой работы вносят существенный вклад в развитие сельского хозяйства, повышение продуктивности и улучшение качества продукции. Благодаря постоянному совершенствованию процесса селекции урожайность ячменя продолжает расти, открывая новые перспективы для развития аграрного сектора и обеспечения продовольственной безопасности нашей страны.

Отдельного внимания заслуживает селекция сортов двуручек ячменя, так как сорта с данным биотипом развития в последние годы имеют все большее распространение. Использование их в качестве страховых позволяет, не меняя структуры посевных площадей, выйти на оптимальный уровень урожайности озимого ячменя (Филиппов и Донцова, 2014).

Для перехода от вегетативной фазы к генеративной двуручки не нуждаются в низких температурах для прохождения фазы яровизации. Осенью они замедляют свое развитие на коротком дне и ведут себя как озимые сорта. Основная характерная биологическая особенность двуручек – их повышенная чувствительность к сокращенному фотопериоду, вызывающая торможение процесса формирования генеративных органов (Филиппов и Донцова, 2013).

Сорта двуручки ячменя осенью позже заканчивают вегетацию по сравнению с типично озимыми сортами, а весной раньше ее возобновляют. В условиях засушливой степи это дает возможность растениям лучше развиваться при поздних всходах, а также быстрее перейти к кущению при зимне-весенних всходах. Урожайность двуручек выше, чем у яровых при посеве в январские и февральские окна. В условиях засушливой осени, когда можно прогнозировать высокий процент изреживания посевов озимых культур, а при суровой зиме даже их гибель, становится актуальным вопрос о возможном пересеве озимых. Для пересева озимого ячменя ранее использовался яровой ячмень, однако использование его в качестве страховой культуры неблагоприятно сказывается на структуре посевных площадей, что отрицательно влияет на сельскохозяйственное производство в целом. С появлением в про-

изводстве сортов двуручек данная проблема была решена (Филиппов и Донцова, 2014).

В связи с актуальностью и востребованностью сортов двуручек в производстве данное направление в селекционной работе является актуальным.

Цель исследований – оценка нового селекционного материала сортов двуручек ячменя в условиях юга Ростовской области.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в 2021–2023 гг. на полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя АНЦ «Донской».

Сорта, изучаемые в конкурсном сортоиспытании, высевали сеялкой Wintersteiger Plotseed, учетная площадь 10 м², повторность 6-кратная. Норма высева – 450 всхожих зерен на 1 м², стандарт Тимофей расположен через 10 номеров. Уборку проводили комбайном Wintersteiger Classic.

Учеты, наблюдения и оценки селекционного материала проводили согласно существующим методикам Государственного сортоиспытания РФ (2019) и методическим указаниям по изучению мировой коллекции (1984). Поражение пятнистостями определяли по методике О.С. Афанасенко (1987). Степень поражения мучнистой росой определяли по методике Майнса и Дитца (1930). Математическую обработку полученных данных производили по методике Б.А. Доспехова (2014) с помощью программы Statistica 13.

Метеорологические условия 2020–2021 с.-х. года характеризовались повышенным температурным режимом как в осенний, так и в весенне-летний период. Среднегодовая температура воздуха составила 11,7 °С, превысив многолетнюю на 2,0 °С. В июне выпало повышенное количество осадков по сравнению с многолетними данными (103,9 мм), что привело к частичному полеганию посевов. В июле, наоборот, был недобор осадков (24,6 мм) и значительный рост температур (26,7 °С). Проявление комплекса неблагоприятных погодных факторов (обильное количество осадков в период налива зерна и повышенный температурный режим в период всей вегетации растений) способствовало тому, что в 2021 г. была получена самая низкая урожайность из трех лет проведенных исследований. Весенне-летний период 2022–2023 с.-х. года характеризовался обилием осадков (125,5 % от нормы) с порывами ветра практически весь период вегетации озимого ячменя, что привело к формированию растениями большой высоты, существенному полеганию и формированию низкой массы 1000 зерен. Наиболее благоприятным по погодным условиям был 2021–2022 с.-х. год. Растения озимого ячменя сформировали высокоозерненный колос и крупное, хорошо выполненное зерно. В 2022 г. была получена самая высокая

урожайность за весь период проведения исследований.

В целом сложившиеся погодные условия позволили достаточно полно оценить изучаемые сорта озимого ячменя по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам.

Результаты и их обсуждение. Селекционная работа по созданию сортов двуручек ячменя была начата в 80-е гг. XX века доктором с.-х. наук А.А. Соколом. Тогда был районирован первый сорт двуручка Искра. Новым этапом в селекции двуручек было создание сорта Ростовский 908. В 2001 г. был внесен в Госреестр РФ сорт ячменя двуручки Ларец, ставший первым глубокоузловым сортом местной селекции. В 2005 г. был районирован еще один сорт двуручка Мастер. Однако они на высоком фоне минерального питания были склонны к полеганию. Дальнейшая целенаправленная селекционная работа привела к созданию новой группы зимостойких, устойчивых к полеганию сортов. Это среднеспелый сорт двуручка Тимофей, который внесен в Госреестр охраняемых селекционных достижений РФ с 2012 г., и раннеспелый Тигр – с 2013 года. В те годы все еще была актуальной проблема недостаточной устойчивости к полеганию и поражению листовыми болезнями. В 2017 г. был районирован по Северо-Кавказскому региону сорт Виват, в 2020 г. – сорт Маруся, обладающие высокой устойчивостью к полеганию и толерантностью к листовым патогенам, распространенным в регионе их возделывания. В 2022 г. передан на испытание в Госкомиссию РФ новый сорт двуручка Степ, характеризующийся высокой урожайностью, крупнозерностью и устойчивостью к поражению листовыми болезнями.

В настоящее время работа в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в данном направлении продолжается. В конкурсном сортоиспытании проходили изучение 12 перспективных линий двуручек и два лучших на данный момент сорта Степ и Маруся.

Контрастные погодные условия в годы проведения исследований позволили всесторонне изучить селекционный материал и выделить перспективные линии по комплексу хозяйственно ценных признаков.

По устойчивости к полеганию в среднем за три года были выделены сорта Маруся и Степ, а также линии Параллелум 2019, 2139, 2110, 2128, 2152, 2153 и Паллидум 2100. Стоит отметить линию Параллелум 2153, которая в 2023 г. имела устойчивость к полеганию 4 балла при среднем значении данного показателя по всем питомникам 2–3 балла. Также заслуживают внимания перспективный сорт Степ и линии Параллелум 2019, 2152 и Паллидум 2100, получившие 4 балла по данному признаку в 2021 году (табл. 1).

Таблица 1. Устойчивость к полеганию и сроки колошения сортов и линий двуручек ячменя (2021–2023 гг.)
Table 1. Lodging resistance and heading dates of the facultative barley varieties and lines (2021–2023)

Название сорта	Устойчивость к полеганию, балл				Дата колошения, май					
	2021	2022	2023	средняя	2021		2022		2023	
					сорт	± к ст	сорт	± к ст	сорт	± к ст
Тимофей, st	3	5	2	3	29	–	20v	–	15v	–
Параллелум 2017	3	3	2	3	22	–7	16v	–4	10v	–5
Параллелум 2019	4	5	3	4	17	–12	12v	–8	06v	–11
Степ	4	5	3	4	24	–5	19v	–1	14v	–1
Параллелум 2139	3	5	3	4	20	–9	15v	–5	08v	–7
Параллелум 2141	3	5	2	3	23	–6	16v	–4	12v	–3
Параллелум 2136	2	5	3	3	19	–10	12v	–8	07v	–8
Маруся	3	5	3	4	23	–6	18v	–2	12v	–3
Параллелум 2084	3	5	2	3	22	–7	15v	–5	09v	–6
Параллелум 2110	3	5	3	4	19	–10	14v	–6	08v	–7
Параллелум 2128	3	5	4	4	22	–7	17v	–3	11v	–4
Параллелум 2149	2	5	1	3	24	–5	16v	–4	11v	–4
Параллелум 2152	4	5	3	4	23	–6	19v	–1	12v	–3
Параллелум 2153	3	5	4	4	21	–8	16v	–4	11v	–4
Паллидум 2100	4	5	3	4	18	–11	12v	–8	06v	–9

В ФГБНУ «АНЦ «Донской» уделяется особое внимание созданию сортов озимого ячменя, обладающего раннеспелостью. Это позволяет снизить время от посева до уборки, что является немаловажным фактором для сельскохозяйственных предприятий. Раннеспелость ячменя имеет несколько положительных качеств для сельхозпроизводителей. Во-первых, быстрое созревание позволяет сократить сроки обработки и уборки урожая. Это в свою очередь снижает расходы на аренду сельскохозяйственной техники, оплату труда и другие затраты, связанные с уборкой посевов. Во-вторых, раннеспелые сорта ячменя способны адаптироваться к широкому спектру климатических условий, что делает эту культуру устойчивой к неблагоприятным погодным явлениям и другим факторам, влияющим на рост и развитие растений. Быстрое созревание позволяет завершить фазу вегетации ячменя до прихода вредоносных насекомых или заболеваний, что способствует повышению урожайности и качества зерна.

На продолжительность вегетационного периода влияют генетическая природа сорта и условия вегетации. Для получения стабильных и высоких урожаев важны сорта, наиболее адаптированные по продолжительности вегетационного периода к местным условиям (Косолапов и др., 2021).

Среди изучаемых сортов двуручек ячменя большая их часть имела более короткую продолжительность вегетации по сравнению со среднеспелым стандартом Тимофей. Наибольшая разница в сроках выколашивания наблюдалась в 2021 г. (–5...–12 дней к стандарту). Сорта, представленные в таблице 1, относятся к ультраранней и раннеспелой группам.

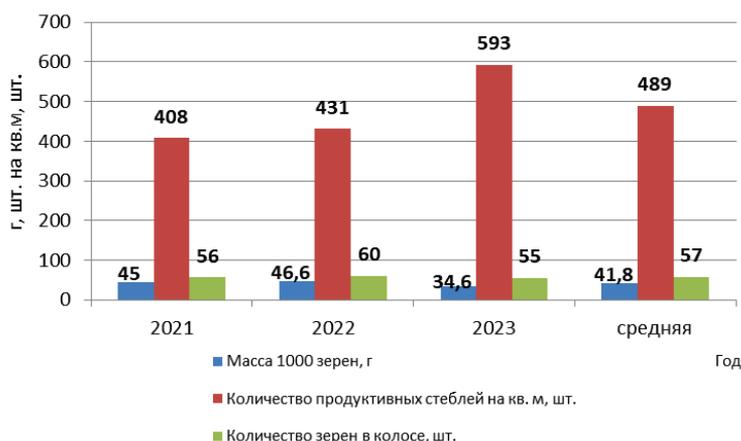
Формирование урожайности ячменя представляет собой сложный и многофакторный процесс, зависящий от ряда элементов. Эти элементы определяют величину урожайности, играя важную роль в формировании конечного продукта.

Основными элементами структуры урожайности являются масса 1000 зерен, количество продуктивных стеблей на м², количество зерен в колосе. В среднем по выборке изучаемых сортов наибольшая масса 1000 зерен и количество зерен в колосе были отмечены в благоприятном 2022 году. Максимальное количество продуктивных стеблей на м² сорта двуручки ячменя сформировали в 2023 г., но при этом масса 1000 зерен была низкая в связи с полеганием посевов и осадками в период уборки (см. рис.).

По массе 1000 зерен в 2021 г. достоверную прибавку к стандарту сформировали сорта Степ, Маруся, Параллелум 2141, 2110, 2128, 2149, 2152, 2153, Паллидум 2100. В 2022 г. выделились Степ, Маруся, Параллелум 2141, 2136, 2110, 2128, 2149, 2152, Паллидум 2100. В наименее благоприятном 2023 г. у сортов Степ, Маруся и Параллелум 2152, 2128 отмечена достоверная прибавка по данному признаку (табл. 2).

В среднем за три года исследований выделены сорта Степ, Маруся, Параллелум 2141, 2110, 2128, 2149, 2152 и Паллидум 2100.

По количеству продуктивных стеблей на м² в 2021 г. достоверно превысили стандарт Тимофей сорта Степ, Маруся, Параллелум 2017, 2139, 2141, 2084, 2128, 2152. В 2022 г. выделился сорт Параллелум 2017. В 2023 г. достоверную прибавку к стандарту сформировали сорта Степ, Параллелум 2017, 2019, 2139, 2128, 2141, 2136 (табл. 3).



Средние значения элементов структуры урожайности сортов двуручек ячменя (2021–2023 гг.)
Mean values of yield structure elements of the facultative barley varieties (2021–2023)

Таблица 2. Масса 1000 зерен у сортов двуручек ячменя (2021–2023 гг.)
Table 2. 1000-grain weight of the facultative barley varieties (2021–2023)

Название сорта	Масса 1000 зерен, г			
	2021	2022	2023	средняя
Тимофей, st	41,8	42,7	34,9	39,8
Параллелум 2017	44,0	44,0	26,3	38,1
Параллелум 2019	44,0	44,3	31,0	39,8
Степ	49,5	50,8	39,0	46,4
Параллелум 2139	43,3	43,8	31,8	39,6
Параллелум 2141	45,0	48,8	37,3	43,7
Параллелум 2136	43,0	49,5	35,5	42,7
Маруся	46,8	48,0	39,8	44,9
Параллелум 2084	38,0	43,2	35,0	38,7
Параллелум 2110	46,5	47,7	33,3	42,5
Параллелум 2128	46,0	48,1	38,5	44,2
Параллелум 2149	47,8	49,7	34,5	44,0
Параллелум 2152	46,8	48,5	38,8	44,7
Параллелум 2153	44,8	43,7	32,0	40,2
Паллидум 2100	48,0	50,5	36,0	44,8
НСР ₀₅	2,8	2,8	3,4	

Таблица 3. Количество продуктивных стеблей на м² у сортов двуручек ячменя (2021–2023 гг.)
Table 3. Number of productive stems per square meter of the facultative barley varieties (2021–2023)

Название сорта	Количество продуктивных стеблей на м ² , шт.			
	2021	2022	2023	среднее
Тимофей, st	378	442	497	439
Параллелум 2017	428	473	676	491
Параллелум 2019	363	433	700	499
Степ	405	422	646	482
Параллелум 2139	421	439	636	460
Параллелум 2141	422	438	676	463
Параллелум 2136	383	410	737	456
Маруся	462	441	544	461
Параллелум 2084	434	451	490	452
Параллелум 2110	400	426	555	439
Параллелум 2128	426	406	558	491
Параллелум 2149	401	416	551	499
Параллелум 2152	415	420	537	482
Параллелум 2153	403	429	550	460
Паллидум 2100	397	423	536	463
StDev	25	17	58	

В среднем за три года по количеству продуктивных стеблей на м² выделились сорта Степ, Параллелум 2017, 2139, 2141, 2128.

В годы проведения исследований только в 2021 г. сорт Паллидум 2100 сформировал достоверную прибавку по количеству зерен в колосе. Согласно Международному классификатору СЭВ (1983) в 2021 г. высокие значе-

ния данного признака (более 53 шт.) получены у 73 % изучаемых сортов. В 2022 г. очень высокое количество зерен в колосе (более 60 шт.) сформировали сорта Степ, Маруся, Параллелум 2136, 2128 и 2152, высокие значения данного признака отмечены у 66,7 % сортов. В 2023 году 93,3 % изучаемых сортов имели высокое количество зерен в колосе (табл. 4).

Таблица 4. Количество зерен в колосе у сортов двуручек ячменя (2021–2023 гг.)
Table 4. Number of grains per ear of the facultative barley varieties (2021–2023)

Название сорта	Количество зерен в колосе, шт.			
	2021	2022	2023	среднее
Тимофей, st	58	63	62	61
Параллелум 2017	54	57	52	60
Параллелум 2019	53	58	57	54
Степ	57	65	57	59
Параллелум 2139	50	56	55	57
Параллелум 2141	51	57	56	61
Параллелум 2136	55	61	53	55
Маруся	56	61	59	56
Параллелум 2084	55	60	58	58
Параллелум 2110	57	60	54	61
Параллелум 2128	59	65	60	60
Параллелум 2149	54	60	51	54
Параллелум 2152	52	61	54	59
Параллелум 2153	54	60	54	57
Паллидум 2100	61	59	54	61
StDev	2,8	2,3	2,8	

Устойчивость к поражению листовыми болезнями озимого ячменя является важным фактором в повышении урожайности и его качества. Листовые болезни являются одной из основных причин снижения урожайности ячменя, поэтому разработка сортов с высокой устойчивостью к этим заболеваниям является важной задачей для селекционеров. Разработка сортов озимого ячменя с устойчивостью к поражению листовыми болезнями является важным направлением селекционной работы. Это позволяет повысить уровень продуктивности и качества урожая, сократить за-

траты на защиту растений и улучшить экономическое положение сельскохозяйственных предприятий.

Наибольшее поражение листовыми болезнями на посевах озимого ячменя отмечено в 2021 году. Комплексную устойчивость проявили сорта Параллелум 2139, 2136, 2128, 2153. В 2022 г. практически все изучаемые образцы не поражались мучнистой росой и гельминтоспориозными пятнистостями. В 2023 г. комплексная устойчивость выявлена у 80 % сортов (табл. 5).

Таблица 5. Устойчивость к поражению листовыми болезнями у сортов двуручек ячменя (2021–2023 гг.)
Table 5. Resistance to leaf diseases of the facultative barley varieties (2021–2023)

Название сорта	Устойчивость к поражению листовыми болезнями, балл					
	2021		2022		2023	
	мучнистая роса	гельминтоспориозные пятнистости	мучнистая роса	гельминтоспориозные пятнистости	мучнистая роса	гельминтоспориозные пятнистости
Тимофей, st	1,75	1,25	1,5	0,5	1,0	1,0
Параллелум 2017	0,75	1,75	0,0	1,0	1,5	3
Параллелум 2019	0,50	2,25	0,0	1,0	0,0	2,25
Степ	1,75	2,00	0,0	1,0	1,0	1,0
Параллелум 2139	1,00	1,00	1,0	1,0	2,0	1,5
Параллелум 2141	2,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,5
Параллелум 2136	0,50	0,75	1,0	1,0	0,0	1,0
Маруся	2,75	2,25	1,0	1,0	0,5	1,0
Параллелум 2084	1,75	1,25	1,0	1,0	1,0	1,0
Параллелум 2110	2,75	1,25	2,0	1,0	1,0	1,5

Продолжение табл. 5

Название сорта	Устойчивость к поражению листовыми болезнями, балл					
	2021		2022		2023	
	мучнистая роса	гельминто-спориозные пятнистости	мучнистая роса	гельминто-спориозные пятнистости	мучнистая роса	гельминто-спориозные пятнистости
Параллелум 2128	1,75	1,75	1,0	1,75	1,0	1,5
Параллелум 2149	2,00	1,00	2,0	1,0	1,0	1,0
Параллелум 2152	2,00	2,00	2,0	1,0	1,5	1,0
Параллелум 2153	1,25	1,00	2,0	1,0	1,0	1,5
Паллидум 2100	2,25	2,00	1,0	1,0	1,0	1,5

Урожайность зерна – это интегральный показатель продуктивности растений, результат взаимодействия всех количественных признаков растения с условиями внешней среды (Косенко, 2023).

В конкурсном сортоиспытании 1 проходят изучение лучшие сорта двуручки ячменя, прошедшие многолетние этапы браковки. В связи с этим в годы проведения исследований боль-

шинство изучаемых сортов сформировали достоверную прибавку к стандарту Тимофей, за исключением Параллелум 2017 и 2019, уступивших стандартному сорту в крайне неблагоприятном 2023 году. В среднем за три года изучения сорта Параллелум 2139, 2128, 2136, 2110, 2149, 2152, 2153, Маруся показали наибольшую прибавку к стандарту – 1 т/га (табл. 6).

Таблица 6. Урожайность сортов двуручек ячменя (2021–2023 гг.)
Table 6. Productivity of the facultative barley varieties (2021–2023)

Название сорта	2021		2022		2023		средняя	
	всего	± к st	всего	± к st	всего	± к st	всего	± к st
Тимофей, st	5,2	–	8,5	–	6	–	6,6	–
Параллелум 2017	6,2	1,0	9,8	1,3	6	±0	7,3	0,7
Параллелум 2019	6,3	1,1	9,3	0,8	6,3	0,3	7,3	0,7
Степ	6,4	1,2	9,1	0,6	7,1	1,1	7,5	0,9
Параллелум 2139	6,3	1,1	9,4	1,1	7,2	1,2	7,6	1,0
Параллелум 2141	6,1	0,9	9,2	0,7	7	1,0	7,4	0,8
Параллелум 2136	6,3	1,1	9,3	0,8	7,1	1,1	7,6	1,0
Маруся	6,4	1,2	9,1	0,6	7,4	1,4	7,6	1,0
Параллелум 2084	6,0	0,8	9,4	1,1	7,0	1,0	7,5	0,9
Параллелум 2110	5,9	0,7	9,4	1,1	7,4	1,4	7,6	1,0
Параллелум 2128	5,7	0,6	9,5	1,0	7,5	1,5	7,6	1,0
Параллелум 2149	5,9	0,7	9,6	1,1	7,3	1,3	7,6	1,0
Параллелум 2152	6,0	0,8	9,2	0,7	7,7	1,7	7,6	1,0
Параллелум 2153	6,0	0,8	9,4	0,9	7,5	1,5	7,6	1,0
Паллидум 2100	5,7	0,5	9,5	1,0	7,4	1,4	7,5	0,9
НСР ₀₅	–	0,4	–	0,5	–	0,4	–	–

По комплексу хозяйственно ценных признаков наибольшее количество баллов (более 4)

набрали сорта Степ, Маруся, Параллелум 2139, 2141, 2128, 2153 и Паллидум 2100 (табл. 7).

Таблица 7. Балльная оценка сортов двуручек ячменя по комплексу хозяйственно ценных признаков (2021–2023 гг.)
Table 7. Scoring of the facultative barley varieties according to a complex of economically valuable traits (2021–2023)

Название сорта	Устойчивость к полеганию	Устойчивость к поражению листовыми болезнями	Масса 1000 зерен	Количество продуктивных стеблей на м ²	Количество зерен в колосе	Урожайность	Итого, балл
Параллелум 2017				+	+		2
Параллелум 2019	+				+		2
Степ	+		+	+	+	+	5
Параллелум 2139	+	+		+	+	+	5
Параллелум 2141		+	+	+		+	4
Параллелум 2136		+			+	+	3

Продолжение табл. 7

Название сорта	Устойчивость к полеганию	Устойчивость к поражению листовыми болезнями	Масса 1000 зерен	Количество продуктивных стеблей на м ²	Количество зерен в колосе	Урожайность	Итого, балл
Маруся	+	+	+		+	+	4
Параллелум 2084		+			+	+	3
Параллелум 2110	+				+	+	3
Параллелум 2128	+	+	+	+	+	+	6
Параллелум 2149			+			+	2
Параллелум 2152	+		+			+	3
Параллелум 2153	+	+			+	+	4
Паллидум 2100	+		+		+	+	4

Линия Параллелум 2128 получила максимальную оценку среди изучаемых перспективных образцов. Данный сорт планируется к передаче на изучение в Госсортокмиссии РФ в 2023 году.

Выводы. Проведено многолетнее изучение селекционного материала по комплексу хозяйственно ценных признаков в сравнении со стандартом Тимофей и лучшими сортами Степ и Маруся. В годы проведения исследований сформирована достоверная прибавка к стандарту у изучаемых сортов двуручек ячменя в пределах 0,7–1,0 т/га. В среднем за три года крупное, выполненное зерно с массой 1000 на уровне с крупнозер-

ными плотноколосыми сортами Маруся (44,9 г), Степ (46,4 г) и рыхлозерным сортом Паллидум 2100 (44,8 г) сформировали линии Параллелум 2141 (43,7 г), Параллелум 2136 (42,7 г), Параллелум 2110 (42,5 г), Параллелум 2128 (44,2 г), Параллелум 2149 (44,0 г) Параллелум 2152 (44,7 г). Выделены перспективные образцы, сочетающие раннеспелость, устойчивость к полеганию и поражению листовыми болезнями, крупнозерность, высокую озерненность и урожайность. Подготовлен к передаче высокоурожайный среднеранний сорт ячменя двуручки (Параллелум 2128), сочетающий высокую урожайность с комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств.

Библиографические ссылки

1. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469
2. Косенко С.В. Конкурсное сортоиспытание озимой мягкой пшеницы в условиях Пензенской области // Зерновое хозяйство России. 2023. № 3. С. 36–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-36-41
3. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. Т. 25, № 4. 2021. С. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044
4. Филиппов Е.Г., Донцова А.А. Особенности селекции сортов двуручек ячменя // Зерновое хозяйство России. 2013. № 1 (25). С. 39–41.
5. Филиппов Е.Г., Донцова А.А. Новые сорта двуручки ячменя // Земледелие. 2014. № 7. С. 44–45.

References

1. Gudzenko V.N. Statisticheskaya i graficheskaya (GGE biplot) otsenka adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti selektsionnykh linii yachmenya ozimogo [Statistical and graphical (GGE biplot) estimation of the adaptive capacity and stability of winter barley breeding lines] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019. T. 23, № 1. S. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469
2. Kosenko S.V. Konkursnoe sortoispytanie ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Penzenskoi oblasti [Competitive variety testing of winter bread wheat in the conditions of the Penza region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. № 3. S. 36–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-36-41
3. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Razvitie sovremennoi selektsii i semenovodstva kormovykh kul'tur v Rossii [Development of modern breeding and seed production of forage crops in Russia] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. T. 25, № 4. 2021. S. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044
4. Filippov E.G., Dontsova A.A. Osobennosti selektsii sortov dvuruchek yachmenya [Breeding features of the facultative barley varieties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2013. № 1(25). S. 39–41.
5. Filippov E.G., Dontsova A.A. Novye sorta dvuruchki yachmenya [New facultative barley varieties] // Zemledelie. 2014. № 7. S. 44–45.

Поступила: 22.08.23; доработана после рецензирования: 25.09.23; принята к публикации: 28.09.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Донцова А. А. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Донцов Д. П. – выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Филиппов Е. Г. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА СУХОДОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ РИСА НА ПРИСУТСТВИЕ ГЕНА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ QDTY1.1 С ПОМОЩЬЮ ДНК-МАРКЕРА

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. Н. Вожжова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ЦФНИ, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Засуха является основным стресс-фактором при выращивании растений. Воздействие засухи на растения риса проявляется от уменьшения накопления сухого вещества до плохого распределения метаболитов из стеблей и листьев в зерно, что приводит к уменьшению количества выполненных зерен в метелке, уменьшению массы зерновки и в конечном счете урожайности. Сортовое разнообразие риса включает в себя различные гены устойчивости к засухе. Цель исследований – оценка суходольных образцов и сортов риса по устойчивости к засухе в полевых условиях и наличию гена qDTY1.1 с использованием ДНК-маркера RM431. С помощью ПЦР-анализа было оценено 66 линий, гибридов и сортов риса, выращенных на периодически увлажняемом и постоянно залитом водой полях. В результате маркерного анализа было установлено наличие гена устойчивости к засухе qDTY1.1 у 22 сортов и образцов риса: Ан-Юн-Хо, Волгоградский, Сталинградский, Волгоградский x Атлант, Чан-Чунь-Ман и др. Наибольшее значение индекса засухоустойчивости (ИЗУ) оказалось у носителей аллеля qDTY1.1: маньчжурских суходольных сортов Ан-Юн-Хо (79,4 %), Чан-Чунь-Ман (88,5 %) и других образцов, полученных ранее от скрещивания сорта Чан-Чунь-Ман с урожайными сортами донской селекции: Раздольный, Боярин, Командор, Южанин, Кубояр. Выделившиеся образцы, несущие ген qDTY1.1, превышали остальные формы в среднем по урожайности в условиях засухи на 0,20 т/га, на контроле – 0,21 т/га, а по ИЗУ – на 3,9 %. В долгосрочной перспективе повышения засухоустойчивости риса необходимо выявлять и использовать другие QTL с большими и постоянными эффектами и ключевыми регуляторами реакции растений на стресс.

Ключевые слова: рис, сорт, засухоустойчивость, ген, маркер, урожайность.

Для цитирования: Костылев П. И., Вожжова Н. Н., Аксенов А. В. Оценка суходольных образцов риса на присутствие гена засухоустойчивости qDTY1.1 с помощью ДНК-маркера // Зерновое хозяйство России. 2023. № 5. С. 48–55. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-48-55.



ESTIMATION OF UPLAND RICE SAMPLES FOR THE PRESENCE OF THE DROUGHT RESISTANCE GENE QDTY1.1 USING A DNA MARKER

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

N. N. Vozhzhova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the CFRI, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;

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

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

Drought is the main stress factor when growing plants. The effects of drought on rice plants range from reduced dry matter accumulation to poor distribution of metabolites from stems and leaves into grain, resulting in reduced number of full grains per panicle, reduced grain weight and ultimately yield. Rice varietal diversity includes different drought tolerance genes. The purpose of the current research was to estimate upland rice samples and varieties for drought resistance under field conditions and the presence of the qDTY1.1 gene using the DNA marker RM431. PCR analysis was used to estimate 66 rice lines, hybrids and varieties grown in periodically wetted and constantly flooded fields. As a result of marker analysis, there has been identified the presence of the drought resistance gene qDTY1.1 in twenty-two rice varieties and samples such as ‘An-Yun-Ho’, ‘Vologradsky’, ‘Stalingradsky’, ‘Vologradsky x Atlant’, ‘Chan-Chun-Man’, etc. The highest value of the drought resistance index (DRI) was found in carriers of the qDTY1.1 allele, they are Manchurian upland varieties ‘An-Yun-Ho’ (79.4 %), ‘Chan-Chun-Man’ (88.5 %) and other samples developed earlier from crossing the variety ‘Chan-Chun-Man’ with productive varieties of Don selection ‘Razdolny’, ‘Boyarin’, ‘Komandor’, ‘Yuzhanin’, ‘Kuboyar’. The identified samples carrying the qDTY1.1 gene exceeded the other forms on average in terms of productivity under drought conditions by 0.20 t/ha, under the control by 0.21 t/ha, and under IZU by 3.9 %. In the long term of improving rice drought tolerance, it is necessary to identify and exploit other QTLs with large and consistent effects and key regulators of plant stress responses.

Keywords: rice, variety, drought resistance, gene, marker, productivity.

Введение. В мире существует огромное разнообразие сортов риса, выращиваемых в разнообразных экосистемах. При глобальном изменении климата рис может подвергнуться нескольким абиотическим стрессам. Одним из основных стресс-факторов является засуха. В процессе глобального потепления климата планеты происходит увеличение содержания в атмосфере углекислого газа и метана, приводящее к повышению температуры и уменьшению количества осадков. Такое изменение климата приведет в ближайшее время к усилению частоты и интенсивности засухи. Для того чтобы произвести 1 кг зерна риса, нужно 3–5 м³ воды, а неравномерное и редкое выпадение осадков на богарных территориях приведут к уменьшению производства риса. По оценкам ряда авторов, около 34 млн га риса в богарных регионах Азии периодически страдают от водного стресса (Dar et al., 2020).

В Ростовской области на формирование 1 т риса-сырца расходуется от 4 до 8 тыс. м³ воды, тогда как для кукурузы достаточно 230–300 тыс. м³. Поэтому необходимо снижение затрат воды и повышение эффективности использования водных ресурсов.

Засуха оказывает пагубное воздействие на параметры роста растений и в конечном итоге снижает урожайность. Наступление засухи может произойти на всех этапах выращивания риса. Однако чувствительность к засушливому стрессу зависит от его продолжительности и интенсивности. Засухоустойчивость – это способность растения давать максимальный экономический урожай в условиях ограниченного количества воды. Это сложный признак, зависящий от действия и взаимодействия различных морфологических, биохимических и физиологических реакций (Kumar et al., 2017). Устойчивость к засухе определяется так же, как способность растений выживать при низком содержании воды в тканях. Повреждения зависят от масштаба, интервала стресса и стадии роста растения.

Хотя рис сильно угнетается на всех фазах онтогенеза, засуха, воздействующая на растения во время цветения и налива зерна, особенно опасна, так как существенно уменьшает урожайность зерна (Venuprasad et al., 2007). Засуха по-разному влияет на растения риса, она снижает накопление сухого вещества и приводит к ухудшению распределения метаболитов из листьев и стеблей в зерна. В результате происходит уменьшение числа налившихся зерен на метелке, масса каждой зерновки и в итоге урожайности. Полиморфизм сортов риса включает в себя разнообразные механизмы устойчивости к недостатку влаги. Толерантность обеспечивается с помощью уменьшения количества побегов, площади листовых пластинок, укорочения, утолщения и скручивания листьев, ускорения их старения (Kumar et al., 2017). Эти механизмы открывают возможности для улучшения сортов в районах, подверженных засухе. Кроме того, селекция будущих

сортов, устойчивых к множественным стрессам, требует повышенной засухоустойчивости, особенно на репродуктивной стадии. Влияние засухи на репродуктивной фазе развития проявляется в замедлении развития метелки, задержке цветения, что ухудшает развитие и налив зерна, приводя к снижению урожайности, зачастую значительно. Воздушная засуха в фазу цветения приводит к стерильности метелки, так как метелка, еще находящаяся внутри листового влагалища, не развивается. Отказ от воспроизводства в конечном итоге приводит к значительному снижению урожайности. Устойчивость риса к стрессу на репродуктивной стадии считается сложным и многообразным признаком, управляемым несколькими генами, основными и второстепенными (Vinod et al., 2019).

Используя молекулярные маркеры различного типа, в нескольких исследованиях была опубликована информация о локусах количественных признаков (QTL), контролирующей устойчивость к засухе у риса, с применением в качестве критерия урожайности зерна при нехватке влаги. Основным QTL по устойчивости к засушливому стрессу является qDTY1.1. Он локализован на первой хромосоме у устойчивых сортов Нагина 22 и Дхагаддеша, обеспечивая 12,–16,9 % фенотипической изменчивости Dhagaddeshi (Vikram et al., 2011). Этот локус был первым QTL из нескольких, о которых ученые узнали, что он влияет на различные признаки, связанные с засухой, такие как длина, толщина и масса корней, содержание в них воды, осмотическое давление. Ранее было установлено, что локус qDTY1.1 фланкирован маркерами RM431 и RM11943 (Vikram et al., 2011).

Сообщалось также о других QTL, идентифицированных у различных сортов риса, эффективность которых была продемонстрирована как в горных, так и в низинных условиях. К ним относятся qDTY2.1, qDTY2.2, qDTH12.3, qDTY3.1, qDTY6.1, qDTR8, qDLR8.1, qDTY9.1A и qDTY12.1 (Kumar, et al., 2018; Panda et al., 2021).

Маркерная интрогрессия QTL может быть эффективным и быстрым подходом к селекции сортов риса, устойчивых к засушливому стрессу. Последующие попытки перенести эти QTL с помощью маркерной селекции, в первую очередь в наиболее распространенные сорта, показали значительные успехи в выведении климатически-адаптированных сортов, таких как Sabitri (qDTY3.2 и qDTY12.1), IR 64 (qDTY2.2 и qDTY4.1), Vandana и Pusa 44 (qDTY12.1). За последние годы в мире было выпущено 66 устойчивых к засухе сортов, которые включают несколько QTL (Kumar et al., 2014, Dixit et al., 2017, Sandhu et al., 2019, Muthu et al., 2020, Dwivedi et al., 2021).

Индийские ученые сообщали об улучшении устойчивости сорта Basmati к засухе с помощью интрогрессии локуса количественного признака (QTL) «qDTY1.1» в сорт Pusa Basmati 1 из австралийского сорта Nagina 22. Микросателлитный SSR-маркер RM431, распо-

ложенный на теломерном конце хромосомы 1, использовали для отбора форм с qDTY1.1 в процессе беккроссирования. При этом были восстановлены все агрономические признаки, включая урожайность (Dhawan et al., 2021). Авторы провели также оценку улучшенного сорта в различных местах и средах для подтверждения стабильности урожайности и засухоустойчивости.

Другие авторы сообщали об успешной интрогрессии с помощью маркеров гена qDTY12.1 в чувствительный к засухе сорт риса Pusa 44, произрастающий на северо-западе Индии. Селекцию проводили с помощью трех обратных скрещиваний и четырех поколений отбора, что привело к созданию улучшенных почти изогенных линий (Oo et al., 2021).

Целью наших исследований была оценка суходольных коллекционных и селекционных сортов и образцов риса на устойчивость к засухе в полевых условиях и по наличию гена qDTY1.1 с помощью ДНК-маркера RM 431.

Материалы и методы исследований.

Испытываемые генотипы риса представляли собой коллекционные образцы, полученные из ВИР им. Н.И. Вавилова, а также селекционные сорта и линии, созданные в АНЦ «Донской» путем скрещивания отечественных высокоурожайных сортов риса с различными источниками устойчивости к дефициту влаги, а также засухоустойчивые линии из ФНЦ риса (ЗУЛК). Всего было оценено 66 линий, гибридов и сортов.

Для ПЦР-анализа маркеров выделяли ДНК из листьев риса после гомогенизации в приборе Bertin Precellys 24 СТАВ методом. ПЦР проводилась в амплификаторе Bio-Rad T100. Пробирки объемом 10 мкл содержали ДНК (20–30 нг), праймеры (по 5 пмоль), dNTP (0,05 мМ), буфер (10 мМ Трис, 50 мМ KCl и 1,8 мМ MgCl₂) и Taq-полимеразу (0,5 ЕД). Процесс амплификации включал один цикл начальной денатурации (94 °С, 5 мин); затем 35 циклов денатурации (94 °С по 1 мин), отжиг (55–60 °С, 1 мин), элонгация (72 °С, 1 мин) и окончательное удлинение (72 °С, 7 мин). Продукты амплификации распределяли с помощью электрофореза в агарозном геле (3,5 %). Для окрашивания бэндов использовали бромистый этидий. Изображение ампликона получали с использованием системы документирования геля Bio-Rad Gel Doc.

Последовательности нуклеотидов в маркерах были взяты из базы данных Gramene (<http://www.gramene.org>), а праймеры к ним были синтезированы в фирме Евроген, г. Москва (Россия).

SSR маркер RM 431 локуса qDTY1.1 (F: tcctgcsaactgaagagttg; R: agagcaaaaccctggttcac) был полиморфным и таким образом использовался для отбора нужных форм.

Для оценки устойчивости сортов и образцов риса к засухе опыты проводили на полях ОП «Пролетарское» (Ростовская область) в течение трех лет – с 2020 по 2022 год.

Эксперименты были организованы с использованием рендомизированных блоков с тремя повторениями для каждого варианта. Размер делянки 10 м². Почва опытного участка суглинистая, содержание гумуса около 3,0 %, азота – 0,5 мг, фосфора – 1,0–2,0 мг, калия – 23,8–30,2 мг в 100 г почвы. Образцы изучали в двух вариантах: 1) контрольный участок в обычных условиях, на котором поддерживали постоянный уровень воды 20 см; 2) отдельный стрессовый участок с периодическим поливом из оросительного канала впуском воды. Опытные участки оставляли без полива до тех пор, пока почва не растрескивалась. При этом уровне влажности почвы наблюдалось сильное скручивание и подсыхание листьев. После такого сильного стресса проводили спасательные ирригации, заливая водой примерно на 8–10 см. Этот цикл постоянно повторялся до сбора урожая. Контрольные участки поддерживали при постоянном заливе водой. Всего на стрессовых участках было проведено три полива. За период вегетации с мая по сентябрь в 2020, 2021 и 2022 гг. выпало 195,1, 295,5 и 194,0 мм осадков соответственно.

У образцов определяли урожайность зерна при засухе и в благоприятных условиях. На основе этих данных рассчитывали индекс засухоустойчивости (ИЗУ) как отношение величины признака при засухе (опыт) к урожайности при затоплении (контроль) по формуле $O/K \times 100 \%$. Математическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Excel.

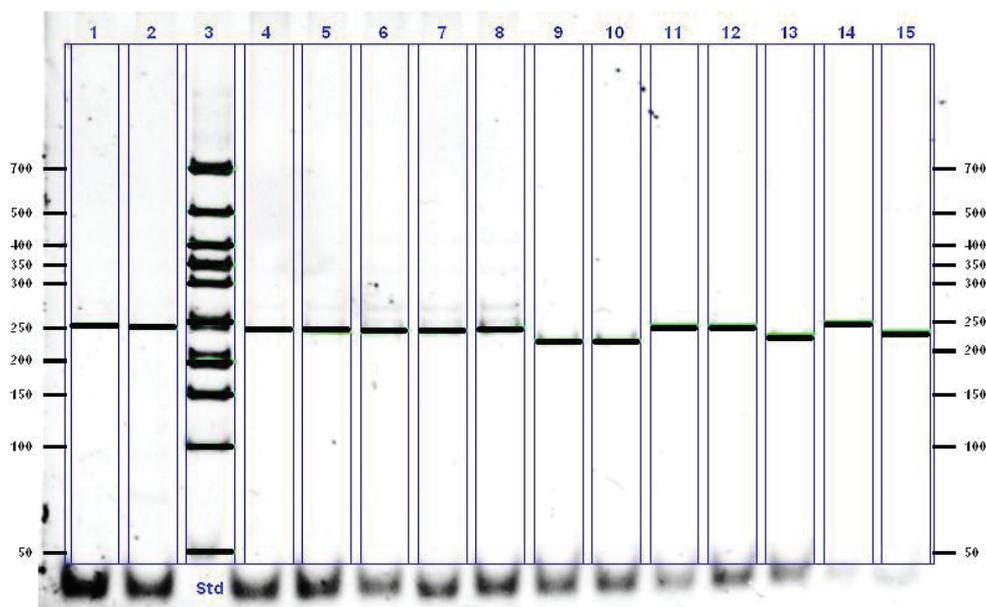
Результаты и их обсуждение. В результате выполненных молекулярно-генетических анализов было исследовано 66 коллекционных и селекционных образцов риса на наличие гена устойчивости к засухе qDTY1.1 маркером RM431, размер ампликона – 251 п.н.

После оценки полученных данных было установлено наличие генов устойчивости к засухе у 22 образцов риса: Волгоградский, Сталинградский, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, ЗУЛК 4 и др. (см. рисунок, табл. 1).

Пример электрофореграммы представлен на рисунке.

Эти образцы представляют собой ценный селекционный материал и могут послужить источником устойчивости при применении в селекционных программах по созданию устойчивых к засухе сортов риса.

Полевая оценка образцов на двух фонах увлажнения показала, что урожайность значительно различалась как между образцами, так и между вариантами влагообеспеченности. В среднем за три года урожайность зерна при засухе варьировала у образцов от 2,10 до 5,00 т/га (в среднем 3,49 т/га). При выращивании в условиях затопления урожайность колебалась в пределах 4,78–9,00 т/га (в среднем 6,79 т/га). При этом индекс засухоустойчивости (ИЗУ) варьировал у образцов от 31,2 до 88,5% (табл. 1).



Электрофореграмма скрининга образцов риса на наличие гена qDTY1.1 с молекулярным маркером RM 431. Линии: 1 – Ан-Юн-Хо, 2 – Чан-Чунь-Ман, 3 – маркер молекулярной массы Evrogen 50+ (размер ампликонов снизу вверх – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 700 п.н.), 4 – Сталинградский, 5 – Волгоградский, 6 – Волгоградский х Атлант, 7 – (Суходольный х Боярин) х Боярин, 8 – Суходольный 554 х Кубояр, 9 – Аргамак, 10 – Боярин, 11 – Чан-Чунь-Ман х Кубояр, 12 – Чан-Чунь-Ман х Боярин, 13 – Контроль, 14 – ЗУЛК-4, 15 – Южанин

Electropherogram of rice samples' screening for the presence of the qDTY1.1 gene with the molecular marker RM 431.

Lines: 1 – 'An-Yun-Ho', 2 – 'Chan-Chun-Man', 3 – 'Evrogen 50+ molecular weight marker (amplicon size from bottom to top – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 700 bp), 4 – 'Stalingradsky', 5 – 'Volgogradsky', 6 – 'Volgogradsky x Atlant', 7 – '(Sukhodolny x Boyarin) x Boyarin', 8 – 'Sukhodolny 554 x Kuboyar', 9 – 'Argamak', 10 – 'Boyarin', 11 – 'Chan-Chun-Man x Kuboyar', 12 – 'Chan-Chun-Man x Boyarin', 13 – Control, 14 – 'ZULK-4', 15 – 'Yuzhanin'

Таблица 1. Наличие гена qDTY1.1 у образцов риса, их урожайность при засухе и нормальных условиях и индекс засухоустойчивости (ИЗУ) (2020–2022 гг.)
Table 1. Presence of the qDTY1.1 gene in rice samples, their productivity under drought and normal conditions, and drought resistance index (DRI), (2020–2022)

№	№ обр.	Название	Ген*	Урожайность, т/га		ИЗУ,%
				опыт	контроль	
1	8523	Ан-Юн-Хо, Китай	2	4,22	5,31	79,4
2	8537	Волгоградский	2	3,37	5,68	59,4
3	1889	Волгоградский х Атлант	2	4,07	6,15	66,2
4	8539	Сталинградский	2	4,16	7,17	58,0
5	8535	Чан-Чунь-Ман, Китай	2	4,73	5,35	88,5
6	8569	ЗУЛК 4	2	2,63	6,88	38,3
7	8609	Командор х Чан-Чунь-Ман	2	4,92	7,14	68,9
8	8545	(Суходол х Боярин) х Боярин	2	3,44	6,95	49,5
9	8547	Суходольный 554 х Кубояр	2	3,29	6,79	48,4
10	8633	Чан-Чунь-Ман х Кубояр	2	3,04	7,02	43,3
11	8635	Чан-Чунь-Ман х Боярин	2	2,79	8,40	33,2
12	8637	Чан-Чунь-Ман х Боярин	2	3,59	7,10	50,5
13	8639	Чан-Чунь-Ман х Боярин	2	3,00	8,61	34,9
14	8641	Чан-Чунь-Ман х Боярин	2	3,39	6,82	49,7
15	8643	Чан-Чунь-Ман х Боярин	2	3,67	7,91	46,4
16	8645	Чан-Чунь-Ман х Боярин	2	3,53	7,40	47,7
17	8647	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	2	4,16	7,90	52,7
18	8651	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	2	3,32	7,27	45,7
19	8653	Чан-Чунь-Ман х Южанин	2	3,19	5,98	53,4
20	8655	Чан-Чунь-Ман х Южанин	2	3,55	5,75	61,7
21	8629	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр	2	3,64	7,90	46,1
22	8631	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр	2	3,96	7,03	56,3
23	8557	Акустик	0	4,24	8,14	52,1
24	8627	Аргамак	0	5,00	8,55	58,5
25	8555	Боярин	0	3,40	6,55	51,9

Продолжение табл. 1

№	№ обр.	Название	Ген*	Урожайность, т/га		ИЗУ, %
				опыт	контроль	
26	8551	Вирасан	0	3,60	6,81	52,9
27	8553	Контакт	0	3,54	6,31	56,1
28	8561	Пируэт	0	3,78	8,91	42,4
29	8521	Суходол	0	4,11	7,32	56,2
30	8559	Южанин	0	3,17	7,00	45,3
31	8563	Волгоградский х Магнат	0	2,70	7,00	38,6
32	8527	Золотые всходы, Суходол	0	3,46	5,26	65,7
33	8533	Хун-Мо, Китай	0	3,00	4,78	62,7
34	8529	Контро, Китай	0	4,12	5,26	78,3
35	8613	Контро х Боярин	0	3,38	7,24	46,7
36	8615	Контро х Кубояр	0	4,04	8,11	49,8
37	8329	Дин-Сян, Китай	0	4,07	6,15	66,2
38	8565	Дин Сян х Боярин	0	3,47	7,08	49,0
39	8567	Дин Сян х Кубояр	0	3,31	5,89	56,2
40	8601	Командор х Ан-Юн-Хо	0	3,04	8,27	36,8
41	8603	Командор х Золотые всходы	0	2,90	6,45	45,0
42	8599	Командор х Маловодотребовательный	0	4,16	7,12	58,4
43	8605	Командор х Хун-Мо	0	3,45	6,15	56,1
44	8607	Командор х Чан-Чунь-Ман	0	3,28	6,55	50,1
45	8611	Командор х Чан-Чунь-Ман	0	3,54	6,85	51,6
46	8617	Раздольный х Суходольный	0	3,05	6,26	48,7
47	8619	Скомс белый х Кубань 3	0	2,49	6,02	41,3
48	8621	Скомс белый х Кубань 3	0	2,40	7,14	33,6
49	8623	Скомс белый х Кубань 3	0	2,67	6,41	41,6
50	8625	Скомс белый х Кубань 3	0	3,88	6,03	64,4
51	8649	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	0	3,24	7,53	43,1
52	8549	(Ламро х Вираз) х Боярин	0	2,44	5,98	40,9
53	8573	ЗУЛК 1	0	3,52	6,31	55,9
54	8575	ЗУЛК 2	0	3,20	5,93	54,1
55	8577	ЗУЛК 3	0	3,88	6,88	56,4
56	8571	ЗУЛК 5	0	2,97	5,95	49,8
57	8579	ЗУЛК 6	0	3,60	5,46	65,8
58	8581	ЗУЛК 7	0	3,19	7,37	43,4
59	8583	ЗУЛК 8	0	4,88	7,38	66,1
60	8585	ЗУЛК 9	0	4,70	6,30	74,7
61	8589	ЗУЛК 10	0	3,19	6,57	48,6
62	8587	ЗУЛК 11	0	2,99	6,95	43,0
63	8597	ЗУЛК 12	0	2,81	9,00	31,2
64	8591	ЗУЛК 13	0	2,10	6,72	31,3
65	8595	ЗУЛК 14	0	3,13	6,15	50,9
66	8593	ЗУЛК 15	0	3,34	5,81	57,4
		НСР ₀₅	–	0,61	0,92	11,5

Примечание. *2 – функциональный ген qDTY1.1 присутствует в гомозиготном состоянии, 0 – ген отсутствует.

Максимальная величина ИЗУ оказалась у стародавних китайских суходольных сортов Чан-Чунь-Ман (88,5 %) и Ан-Юн-Хо (79,4 %). Эти сорта имеют в своих генотипах локус qDTY1.1, который контролирует устойчивость к засухе через урожайность зерна. От скрещивания образца Чан-Чунь-Ман в прошлые годы с урожайными сортами АНЦ «Донской» Раздольный, Боярин, Командор, Кубояр, Южанин было получено много перспективных линий с оптимальным габитусом растений.

Как видно из таблицы 1, образцы 8609, 8633, 8635, 8637, 8639, 8641, 8643, 8645, 8647, 8651, 8653, 8655, 8629 и 8631 унаследовали от донора Чан-Чунь-Ман данный ген интереса. В то же время имеются линии с участием этого сорта, у которых ген устойчивости отсутствует.

Усреднив данные внутри двух групп образцов риса, которые имели или не имели ген qDTY1.1, было установлено, что первая группа превышала вторую по урожайности в опыте на 0,20 т/га, на контроле – 0,21 т/га, а по ИЗУ – на 3,9 % (табл. 2).

Таблица 2. Сравнение средних величин урожайности (2020–2022 гг.) при засухе и на контроле, а также ИЗУ, в двух группах образцов риса: с геном qDTY1.1 и без него
Table 2. Comparison of average productivity (2020–2022) under drought and in control, as well as ISD, in two groups of rice samples: with and without the qDTY1.1 gene

Параметры	Средняя урожайность, т/га		ИЗУ, %
	опыт	контроль	
1 группа образцов с геном qDTY1.1	3,62	6,93	53,6
2 группа образцов без гена qDTY1.1	3,42	6,72	51,6
Прибавка (1–2), т/га	0,20	0,21	2,0
Прибавка (1–2), %	5,95	3,09	3,9

Это свидетельствует о том, что наличие данного гена дает определенный эффект прибавки как урожайности, так и засухоустойчивости в целом, на которую влияет большое количество других генов, а также условия окружающей среды.

По данным ряда авторов, аддитивный эффект влияния qDTY 1.1 на урожай зерна в условиях стресса составил 14,7 %, qDTY 1.2 – 18 %, qDTY2.1 – 4,5 %, qDTY 3.1 – 31 %, qDTY6.1 – 66 %, qDTY12.1 – 23,8 % (Venuprasad et al., 2007; Vikram et al., 2011).

Поэтому образцы из изученного набора, показавшие высокие значения ИЗУ, но не имеющие ген qDTY 1.1, могут нести другие QTL, которые обладают даже большей эффективностью повышения устойчивости.

К ним относятся китайские сорта Контро, Дин Сян, Хун-Мо, краснодарские образцы ЗУЛК 6, ЗУЛК 8 ЗУЛК 9, ИЗУ которых составляла от 62,6 до 78,3 %, а также сорта АНЦ «Донской» Аргамак и Суходол. При этом новый сорт Аргамак сформировал максимальную урожайность в условиях засухи – 5,00 т/га с индексом засухоустойчивости 58,5 %.

Необходим скрининг исходного материала по другим эффективным qDTY, таким как qDTY2.1, qDTY3.1, qDTY12.1 и др.

С долгосрочной целью повышения засухоустойчивости риса необходимо выявлять и использовать другие QTL с большими и постоянными эффектами и ключевыми регуляторами реакции растений на стресс. Пирамидирование нескольких хорошо охарактеризованных QTL и/или ключевых генов с помощью MAS в элитные сорта может быть успешной стратегией создания новых сортов с высокой стабильностью урожая в засушливых средах.

Выводы.

1. В результате маркерного анализа было установлено наличие гена устойчивости к засухе qDTY1.1 у 22 образцов риса из 66: Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, Волгоградский, Волгоградский х Атлант, Сталинградский и др.

2. Максимальную величину индекса засухоустойчивости (ИЗУ) показали носители гена qDTY1.1 китайские суходольные сорта Чан-Чунь-Ман (88,5 %), Ан-Юн-Хо (79,4 %) и другие образцы, полученные от гибридизации сорта Чан-Чунь-Ман с урожайными сортами АНЦ «Донской» Раздольный, Боярин, Командор, Кубояр, Южанин.

3. Выделившиеся образцы с геном qDTY1.1 превышали остальные в среднем по урожайности в условиях засухи на 0,20 т/га, на контроле – 0,21 т/га, а по ИЗУ – на 3,9 %.

Библиографические ссылки

1. Dar M.H., Waza S.A., Shukla S., Zaidi N.W., Nayak S., Hossain M., Kumar A., Ismail A.B., Singh U.S. Drought tolerant rice for ensuring food security in eastern India // Sustainability. 2020. Vol. 12(6), 17 p. DOI: 10.3390/su12062214.
2. Dhawan G., Kumar A., Dwivedi P., Gopala Krishnan S., Pal M., Vinod K.K., Nagarajan M., Bhowmick P.K., Bollinedi H., Ellur R.K., Ravikiran K.T., Kumar P., Singh A.K. Introgression of qDTY1.1 governing reproductive stage drought tolerance into an elite Basmati rice variety "Pusa Basmati 1" through marker assisted backcross breeding // Agronomy. 2021. Vol. 11(2), Article number: 202. DOI: 10.3390/agronomy11020202
3. Dixit S., Singh A., Sandhu N., Bhandari A., Vikram P., Kumar A. Combining drought and submergence tolerance in rice: Marker-assisted breeding and QTL combination effects // Molecular Breeding. 2017. Vol. 37(12), Article number: 143. DOI: 10.1007/s11032-017-0737-2
4. Dwivedi P., Ramawat N., Dhawan G., Gopala Krishnan S., Vinod K.K., Singh M.P., Nagarajan M., Bhowmick P.K., Mandal N.P., Perraju P. Drought tolerant near isogenic lines (NILs) of Pusa 44 developed through marker assisted introgression of qDTY2.1 and qDTY3.1 enhances yield under reproductive stage drought stress // Agriculture. 2021. Vol. 11(1), Article number: 64. DOI: 10.3390/agriculture11010064
5. Kumar A., Dixit S., Ram T., Yadav R.B., Mishra K.K., Mandal N.P. Breeding high-yielding drought-tolerant rice: Genetic variations and conventional and molecular approaches // Journal of Experimental Botany. 2014. Vol. 65(21), P. 6265–6278. DOI: 10.1093/jxb/eru363
6. Kumar A., Basu S., Ramegowda V., Pereira A. Mechanisms of drought tolerance in rice // In book: Achieving Sustainable Cultivation of Rice. 2017. Vol. 1, P. 131–164. DOI: 10.19103/AS.2106.0003.08
7. Kumar A., Sandhu N., Dixit S., Yadav S., Swamy B.P. M., Shamsudin N.A.A. Marker-assisted selection strategy to pyramid two or more QTLs for quantitative trait-grain yield under drought // Rice. 2018. Vol. 11(1), Article number: 35. DOI: 10.1186 / s12284-018-0227-0
8. Muthu V., Abbai R., Nallathambi J., Rahman H., Ramasamy S., Kambale R. Pyramiding QTLs controlling tolerance against drought, salinity, and submergence in rice through marker assisted breeding // PLoS ONE. 2020. Vol. 15, Article number: 59. DOI: 10.1371/journal.pone.0227421

9. Oo K.S., Krishnan S.G., Vinod K.K., Dhawan G., Dwivedi P., Kumar P., Bhowmick P.K., Pal M., Chinnuswamy V., Nagarajan M., Bollineni H., Kumar E.R., Kumar A.S. Molecular breeding for improving productivity of *Oryza sativa* L. cv. Pusa 44 under reproductive stage drought stress through introgression of a major QTL, qDTY12.1 // *Genes*. 2021. Vol. 12(7), Article number: 967. DOI: 10.3390/genes12070967
10. Panda D., Mishra S.S., Behera P.K. Drought Tolerance in Rice: Focus on Recent Mechanisms and Approaches // *Rice Science*. 2021. Vol. 28(2), P. 119–132. DOI: 10.1016/j.rsci.2021.01.002
11. Sandhu N., Dixit S., Swamy B.P.M., Raman A., Kumar S., Singh S.P., Yadaw R.B., Singh O.N., Reddy J.N., Anandan A., Yadav Sh., Venkataeshwarlu Ch., Henry A., Verulkar S., Mandal N.P., Ram T., Badri J., Vikram P., Kumar A. Marker assisted breeding to develop multiple stress tolerant varieties for flood and drought prone areas // *Rice*. 2019. Vol. 12(1), Article number: 8. DOI: 10.1186 / s12284-019-0269- y
12. Venuprasad R., Lafitte H.R., Atlin G.N. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice // *Crop Science*. 2007. Vol. 47(1), P. 285–293. DOI: 10.2135/cropsci2006.03.0181
13. Vikram P., Swamy B.P.M., Dixit S., Ahmed H.U., Cruz M.T., Singh A.K., Kumar A. qDTY1.1, a major QTL for rice grain yield under reproductive-stage drought stress with a consistent effect in multiple elite genetic backgrounds // *BMC Genet*. 2011. Vol. 12(1), Article number: 89. DOI: 10.1186/1471-2156-12-89
14. Vinod K.K., Gopala Krishnan S., Thribhuvan R., Singh A.K. Genetics of drought tolerance, candidate genes and their utilization in rice improvement // In book: *Genomics assisted breeding of crops for abiotic stress tolerance*. Switzerland. 2019. Vol. II, P. 145–186. DOI: 10.1007/978-3-319-99573-1_9

References

1. Dar M.H., Waza S.A., Shukla S., Zaidi N.W., Nayak S., Hossain M., Kumar A., Ismail A.B., Singh U.S. Drought tolerant rice for ensuring food security in eastern India // *Sustainability*. 2020. Vol. 12(6), 17 p. DOI: 10.3390/su12062214
2. Dhawan G., Kumar A., Dwivedi P., Gopala Krishnan S., Pal M., Vinod K.K., Nagarajan M., Bhowmick P.K., Bollinedi H., Ellur R.K., Ravikiran K.T., Kumar P., Singh A.K. Introgression of qDTY1.1 governing reproductive stage drought tolerance into an elite Basmati rice variety “Pusa Basmati 1” through marker assisted backcross breeding // *Agronomy*. 2021. Vol. 11(2), Article number: 202. DOI: 10.3390/agronomy11020202
3. Dixit S., Singh A., Sandhu N., Bhandari A., Vikram P., Kumar A. Combining drought and submergence tolerance in rice: Marker-assisted breeding and QTL combination effects // *Molecular Breeding*. 2017. Vol. 37(12), Article number: 143. DOI: 10.1007/s11032-017-0737-2
4. Dwivedi P., Ramawat N., Dhawan G., Gopala Krishnan S., Vinod K.K., Singh M.P., Nagarajan M., Bhowmick P.K., Mandal N.P., Perraju P. Drought tolerant near isogenic lines (NILs) of Pusa 44 developed through marker assisted introgression of qDTY2.1 and qDTY3.1 enhances yield under reproductive stage drought stress // *Agriculture*. 2021. Vol. 11(1), Article number: 64. DOI: 10.3390/agriculture11010064
5. Kumar A., Dixit S., Ram T., Yadaw R.B., Mishra K.K., Mandal N.P. Breeding high-yielding drought-tolerant rice: Genetic variations and conventional and molecular approaches // *Journal of Experimental Botany*. 2014. Vol. 65(21), P. 6265–6278. DOI: 10.1093/jxb/eru363
6. Kumar A., Basu S., Ramegowda V., Pereira A. Mechanisms of drought tolerance in rice // In book: *Achieving Sustainable Cultivation of Rice*. 2017. Vol. 1, P. 131–164. DOI: 10.19103/AS.2106.0003.08
7. Kumar A., Sandhu N., Dixit S., Yadav S., Swamy B.P.M., Shamsudin N.A.A. Marker-assisted selection strategy to pyramid two or more QTLs for quantitative trait-grain yield under drought // *Rice*. 2018. Vol. 11(1), Article number: 35. DOI: 10.1186 / s12284-018-0227-0
8. Muthu V., Abbai R., Nallathambi J., Rahman H., Ramasamy S., Kambale R. Pyramiding QTLs controlling tolerance against drought, salinity, and submergence in rice through marker assisted breeding // *PLoS ONE*. 2020. Vol. 15, Article number: 59. DOI: 10.1371/journal.pone.0227421
9. Oo K.S., Krishnan S.G., Vinod K.K., Dhawan G., Dwivedi P., Kumar P., Bhowmick P.K., Pal M., Chinnuswamy V., Nagarajan M., Bollineni H., Kumar E.R., Kumar A.S. Molecular breeding for improving productivity of *Oryza sativa* L. cv. Pusa 44 under reproductive stage drought stress through introgression of a major QTL, qDTY12.1 // *Genes*. 2021. Vol. 12(7), Article number: 967. DOI: 10.3390/genes12070967
10. Panda D., Mishra S.S., Behera P.K. Drought Tolerance in Rice: Focus on Recent Mechanisms and Approaches // *Rice Science*. 2021. Vol. 28(2), P. 119–132. DOI: 10.1016/j.rsci.2021.01.002
11. Sandhu N., Dixit S., Swamy B.P.M., Raman A., Kumar S., Singh S.P., Yadaw R.B., Singh O.N., Reddy J.N., Anandan A., Yadav Sh., Venkataeshwarlu Ch., Henry A., Verulkar S., Mandal N.P., Ram T., Badri J., Vikram P., Kumar A. Marker assisted breeding to develop multiple stress tolerant varieties for flood and drought prone areas // *Rice*. 2019. Vol. 12(1), Article number: 8. DOI: 10.1186 / s12284-019-0269- y
12. Venuprasad R., Lafitte H.R., Atlin G.N. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice // *Crop Science*. 2007. Vol. 47(1), P. 285–293. DOI: 10.2135/cropsci2006.03.0181
13. Vikram P., Swamy B.P.M., Dixit S., Ahmed H.U., Cruz M.T., Singh A.K., Kumar A. qDTY1.1, a major QTL for rice grain yield under reproductive-stage drought stress with a consistent effect in multiple elite genetic backgrounds // *BMC Genet*. 2011. Vol. 12(1), Article number: 89. DOI: 10.1186/1471-2156-12-89
14. Vinod K.K., Gopala Krishnan S., Thribhuvan R., Singh A.K. Genetics of drought tolerance, candidate genes and their utilization in rice improvement // In book: *Genomics assisted breeding of crops for abiotic stress tolerance*. Switzerland. 2019. Vol. II, P. 145–186. DOI: 10.1007/978-3-319-99573-1_9

Поступила: 29.08.23; доработана после рецензирования: 11.10.23; принята к публикации: 11.10.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П.И. – научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных данных, формирование методологии исследования, анализ данных, написание текста

статьи; Вожжова Н. Н. – ПЦР анализ риса; 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.

ВЛИЯНИЕ ТРАВМИРОВАНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ УБОРКЕ И ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ДОРАБОТКЕ

Ю. Г. Скворцова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства и семеноведения, skvortsova161@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1490-2422;

Н. В. Калинина, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0002-2305-4189;

Т. И. Фирсова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства и семеноведения, ORCID ID: 0000-0003-0582-4124;

Г. А. Филенко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства и семеноведения, ORCID ID: 0000-0003-4271-0003

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В статье представлены результаты исследований за период с 2020 по 2022 г. по определению влияния травмирования на качественные показатели семенного материала в первичном семеноводстве у сортов озимой пшеницы (Станичная, Этиуд, Аскет, Лидия и Амбар) при уборке и послеуборочной доработке семян. Выявлено, что на разных этапах технологии в сельскохозяйственных машинах и зерноочистительном оборудовании при производстве зерна происходит повреждение семенного материала. Установлены определенные виды травм, которые в наибольшей степени ухудшают посевные качества семян и снижают урожайность озимой пшеницы. Цель исследований заключалась в оценке посевных качеств семян сортов озимой мягкой пшеницы различных групп спелости селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в зависимости от их травмирования уборочным комбайном и зерноочистительными машинами в первичных звеньях семеноводства. Оценка качества семенного материала озимой пшеницы осуществлялась на материале, полученном при уборке озимой пшеницы: ручной обмолот (контроль), обмолот комбайном Wintersteiger Classic, после семяочистительно-сортировальной техники ВИМ-1 «Селекция» и Petkus K-531 «Gigant». При уборке комбайном Wintersteiger Classic использовали два режима обмолота: 1) рекомендуемый – 1500 об/мин⁻¹; 2) с пониженным числом оборотов молотильного барабана – 1000 об/мин⁻¹. Установлено, что наибольший уровень травмирования семян отмечался при обмолоте зерноуборочным комбайном (33–54 %). Выявлено, что в зависимости от варианта опыта показатели энергии прорастания изменялись от 89 до 98 %, а лабораторной всхожести – от 94 до 99 %. Зерновки с повреждениями в области зародыша в лабораторных условиях имели достаточно высокую всхожесть. При росте микротравм происходит снижение полевой всхожести на 4–17 % в сравнении с контролем. Максимальное травмирование и снижение полевой всхожести семян отмечено у сортов раннеспелой группы. Послеуборочная доработка семян привела к увеличению процента их травмирования на 1–6 % независимо от вида применяемой техники.

Ключевые слова: озимая пшеница, семена, травмирование, комбайн, обмолот, очистка, энергия прорастания, лабораторная и полевая всхожесть.

Для цитирования: Скворцова Ю. Г., Калинина Н. В., Фирсова Т. И., Филенко Г. А. Влияние травмирования на посевные качества семян сортов озимой мягкой пшеницы при уборке и послеуборочной доработке // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 56–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-56-62.



THE EFFECT OF INJURY ON THE SOWING SEED QUALITIES OF WINTER BREAD WHEAT VARIETIES DURING HARVESTING AND POST-HARVEST PROCESSING

Yu. G. Skvortsova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for primary seed production and seed study, skvortsova161@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1490-2422;

N. V. Kalinina, junior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0002-2305-4189;

T. I. Firsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for primary seed production and seed study, ORCID ID: 0000-0003-0582-4124;

G. A. Filenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for primary seed production and seed study, ORCID ID: 0000-0003-4271-0003

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current paper has presented the study results for the period of 2020–2022 to determine the effect of injury on the quality indicators of seed material in primary seed production of winter wheat varieties ('Stanichnaya', 'Etyud', 'Asket', 'Lidiya' and 'Ambar') during harvesting and post-harvest processing of seeds. There has been established that at different stages of technology in agricultural machines and grain cleaning equipment, during grain production, there was damage to the seed material. There have been identified certain types of injuries that most significantly worsen the sowing quality of seeds and reduce winter wheat productivity. The purpose of the study was to estimate the sowing seed qualities of winter bread wheat varieties of different maturity groups developed by the FSBSI "ARC "Donskoy" depending on their injury by the combine harvester and grain cleaning machines in the primary stages of seed production. The estimation of the quality of winter wheat seed material was carried out on the material obtained during

winter wheat harvesting, such as manual threshing (control), threshing with the combine 'Wintersteiger Classic', after seed cleaning and sorting equipment VIM-1 "Selection" and Petkus K-531 "Gigant". When harvesting with the combine 'Wintersteiger Classic', two threshing modes were used: 1) recommended – 1500 rpm⁻¹; 2) with a reduced speed of the threshing drum – 1000 rpm⁻¹. There has been found that the highest level of seed injury was observed when threshing with a grain harvester (33–54 %). There has been determined that, depending on the type of the trial, the germination energy indicators varied from 89 to 98 %, and laboratory germination from 94 to 99 %. Caryopsis with damage in the embryo area had a high germination rate in laboratory conditions. With an increase in microtraumas, field germination has decreased by 4–17 % compared to the control. The maximum injury and reduction in field germination of seeds was observed in the varieties of the early maturing group. Post-harvest processing of seeds has led to an increase in the percentage of their injury by 1–6 %, regardless of the type of equipment used.

Keywords: winter wheat, seeds, injury, combine, threshing, cleaning, germination energy, laboratory and field germination.

Введение. Высококачественные семена позволяют получать устойчиво высокие урожаи зерна озимой мягкой пшеницы, следовательно, бесперебойно функционировать остальным отраслям сельскохозяйственного производства и удовлетворять потребность населения в продовольственных товарах (Оробинский и др., 2018; Павлова и др., 2019; Nurullin et al., 2022).

Существенным фактором увеличения валовых сборов зерна озимой пшеницы с минимизацией затрат на его производство является комплексная механизация технологических операций возделывания, уборки, послеуборочной подготовки и хранения (Деревянко, 2011). Использование машин и агрегатов в современном промышленном зернопроизводстве и семеноводстве предполагает многочисленные механические и термомеханические воздействия на зерновой и семенной ворох, что приводит к травмированию зерна. Все типы травм, отражающих механические повреждения семян, принято делить на две группы: макротравмирование – это хорошо заметные невооруженным глазом повреждения (полностью или частично выбит зародыш, дробление вдоль или поперек зерновки) и микротравмирование – это незаметные наружные и внутренние повреждения тканей зародыша и эндосперма (Калинина и Суббота, 2013; Сковрцова и др., 2021; Ряднов и Арылов, 2022; Gu et al., 2019). Все они негативно сказываются на сохранности семян и их посевных качествах.

Биологическая основа урожая принадлежит сорту и семенам. Они являются главными факторами, определяющими эффективность семеноводства. Однако ценность семян как посевного материала определяется, кроме наследственных факторов сорта, еще и условиями окружающей среды в период их формирования и развития, сроками и способом уборки, доработки и хранения. При планировании начала уборочной кампании также учитывают группы спелости сортов в зависимости от продолжительности вегетационного периода. Можно предположить, что сорта раннеспелой группы имеют более тонкие и нежные оболочки семян, защищающих их от травм, в отличие от позднеспелых. В частности, по пшенице таких исследований недостаточно. Если не учитывать всех тонкостей, то это может привести к снижению посевных качеств семян.

Актуальной и весьма важной частью селекционного и семеноводческого процес-

са, позволяющей определить потенциальные возможности семенного материала в формировании урожайности зерновых культур, является изучение пригодности семян к посеву путем определения степени их травмирования и посевных качеств.

Цель исследований – оценка посевных качеств семян сортов озимой мягкой пшеницы различных групп спелости селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в зависимости от их травмирования уборочным комбайном и зерноочистительными машинами в первичных звеньях семеноводства.

Материалы и методы исследований.

Объектом изучения были пять сортов озимой мягкой пшеницы, внесенных в Госреестр селекционных достижений и допущенных к использованию на территории Российской Федерации. Раннеспелые сорта – Станичная, Эюд; среднеранние – Аскет, Лидия; среднепоздний – Амбар. Подбор исследуемых сортов озимой мягкой пшеницы был обусловлен различиями по срокам созревания, близкими хозяйственно-биологическими свойствами и высокой потенциальной урожайностью. Предметом исследований являлись семена (зерновки). Исследования проводили в лаборатории первичного семеноводства ФГБНУ «АНЦ Донской» в 2020–2022 гг. в питомниках испытания потомств второго года (ПИП-2), расположенной в южной зоне Ростовской области. Почва опытного участка была представлена черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым. Показатели пахотного слоя почвы имели следующие агрохимические значения: содержание гумуса в верхнем слое почвы – 3,0–3,2 %; азота легкоусвояемого (60–100 мг/кг) подвижного фосфора (10–20 мг/кг); подвижного калия (360–450 мг/кг); pH почвы – 7,0. Технология возделывания для озимой мягкой пшеницы – общепринятая для южной зоны Ростовской области (Василенко и др., 2013). Предшественник – чистый пар, норма высева – 250 всхожих зерен на м², площадь делянки – 10 м². Уборку проводили при влажности зерна озимой мягкой пшеницы 9–13 %. Для очистки и получения кондиционных семян использовали семяочистительную-сортировальную технику ВИМ-1 «Селекция» и Petkus K-531 «Gigant». Исследования выполнены согласно общепринятым методикам и ГОСТам. Отбор проб для определения травмирования проводился в три этапа: 1) ручной обмолот, 2) после обмо-

лота комбайном Wintersteiger Classic, 3) после очистки и сортирования на ВИМ-1 «Селекция» и Petkus K-531 «Gigant». Использовали два режима обмолота: 1) рекомендуемый – 1500 об/мин⁻¹; 2) с пониженным числом оборотов молотильного барабана – 1000 об/мин⁻¹. Оценку устойчивости сортов озимой пшеницы к механическим повреждениям семян, получаемым во время уборки и послеуборочной доработки, изучали при проведении лабораторных анализов и полевых опытов. Для определения микротравм семена просматривались при 23–26-кратном увеличении стереомикроскопом Soptop SZX12. Определение силы роста и полевой всхожести семян проводили по методике, изложенной В. В. Гриценко и З. М. Калошиной (Гриценко и Калошина, 1984).

Результаты и их обсуждение. Многие исследователи нередко считают, что высокий уровень травмирования семян тесно связан

с различными конструктивными особенностями и с режимами обмолота зерноуборочных комбайнов при проведении уборочных мероприятий, однако не стоит упускать из внимания и группу спелости, и сортовые особенности (Нуруллин и Файзуллин, 2022). Показатели степени микроповреждений различных сортов озимой пшеницы в зависимости от групп спелости и режимов обмолота комбайном Wintersteiger Classic приведены в таблице 1.

Анализ полученных данных в 2020–2022 гг. свидетельствует о том, что при ручном обмолоте (контроль) уровень травмированности семян озимой мягкой пшеницы был незначительным и варьировал в пределах от 1–2%. Различные режимы обмолота (1000 об/мин⁻¹ и 1500 об/мин⁻¹) семян озимой пшеницы комбайном Wintersteiger Classic привели к существенному увеличению степени микротравм семян по сравнению с контролем.

Таблица 1. Посевные качества и биологические свойства семян озимой пшеницы в зависимости от режима обмолота комбайном Wintersteiger Classic (2020–2022 гг.)
Table 1. Sowing qualities and biological properties of winter wheat seeds depending on the threshing mode with the combine 'Wintersteiger Classic' (2020–2022)

Вариант опыта	Травмирование, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Сила роста				Полевая всхожесть, %
				количество ростков, шт.	длина ростка, см	масса 100 сухих ростков, г	масса 100 сухих корешков, г	
Станичная								
Ручной обмолот (контроль)	2	97	99	97	11,4	0,69	0,69	93
Wintersteiger Classic режим 1500 об/мин ⁻¹	54	93	96	83	9,4	0,54	0,54	76
Wintersteiger Classic режим 1000 об/мин ⁻¹	52	93	97	86	10,1	0,58	0,6	77
Этюд								
Ручной обмолот (контроль)	1	96	99	95	11,6	0,65	0,63	92
Wintersteiger Classic режим 1500 об/мин ⁻¹	50	92	95	85	7,5	0,55	0,51	76
Wintersteiger Classic режим 1000 об/мин ⁻¹	45	93	97	90	9,7	0,60	0,58	80
Аскет								
Ручной обмолот (контроль)	1	97	97	96	9,9	0,72	0,61	88
Wintersteiger Classic режим 1500 об/мин ⁻¹	38	89	94	88	7,4	0,54	0,55	79
Wintersteiger Classic режим 1000 об/мин ⁻¹	35	94	96	92	7,8	0,56	0,57	80
Лидия								
Ручной обмолот (контроль)	1	98	99	97	11,9	0,73	0,58	92
Wintersteiger Classic режим 1500 об/мин ⁻¹	44	89	94	86	9,3	0,54	0,44	81
Wintersteiger Classic режим 1000 об/мин ⁻¹	42	89	96	89	11,0	0,62	0,53	82
Амбар								
Ручной обмолот (контроль)	1	95	98	97	10,8	0,66	0,57	86
Wintersteiger Classic режим 1500 об/мин ⁻¹	36	88	94	90	7,1	0,45	0,54	80
Wintersteiger Classic режим 1000 об/мин ⁻¹	33	91	96	92	6,9	0,44	0,54	82
НСР ₀₅	2,2	2,1	1,9	3,0	0,50	0,05	0,04	3,6

Максимальный процент микроповреждений семян при рекомендуемом режиме обмолота получен у сортов раннеспелой группы Станичная (54 %) и Этюд (50 %). У среднеранней группы процент травмирования варьировал от 35 до 44 %. Минимальный процент получен у среднераннего сорта Аскет при пониженных оборотах барабана комбайна. Наименьшее количество повреждений зерновок при обмо-

те, как рекомендуемом так и пониженном, получено у среднепозднего сорта Амбар (33–36 %). Это связано с тем, что семена данного сорта при уборке имели более высокую влажность, чем у сортов других групп спелости. Чем выше влажность семян, тем меньше травм внешних, но при этом увеличивается количество внутренних повреждений и вмятин.

Анализ энергии прорастания семян озимой мягкой пшеницы за годы исследований показал, что этот показатель был высоким и в зависимости от сорта и группы спелости находился: при ручном обмолоте в пределах от 96–98 %; при рекомендуемом режиме обмолота (1500 об/мин⁻¹) максимальные значения получены у раннеспелых сортов – 92–93 %. При понижении числа оборотов молотильного барабана (1000 об/мин⁻¹) лучший показатель энергии прорастания семян у среднераннего сорта Аскет – 94 %. Полученные значения энергии прорастания семян изучаемых сортов имели существенные различия ($HCP_{05} = 2,1 \%$) при сравнении различных режимов обмолота.

Максимальные показатели лабораторной всхожести отмечены при ручном обмолоте (97–99 %). Обмолот растений озимой пшеницы комбайном Wintersteiger Classic (1500 об/мин⁻¹) привел к снижению значений этого показателя в сравнении с ручным обмолотом на 3 % у таких сортов раннеспелой и среднеранней группы созревания, как Станичная и Аскет; на 4 % у сортов Амбар и Эюд и у сорта Лидия на 5 %. При обмолоте растений озимой пшеницы при пониженных оборотах (1000 об/мин⁻¹) зерноуборочным комбайном минимальное снижение всхожести в сравнении с контролем (1 %) отмечалось у сорта Аскет (96 %). У всех сортов лабораторная всхожесть соответствовала ГОСТу на посевные качества.

Количество ростков семян, обмолоченных при режиме 1500 об/мин⁻¹, составило от 83 шт. (Станичная) до 90 шт. (Амбар). При пониженном режиме работы комбайна количество ростков изменялось от 86 шт. (Станичная) до 92 шт. (Аскет, Амбар). Максимальное снижение значений этого показателя в сравнении с ручным обмолотом отмечено у сортов, относящихся к раннеспелой группе Станичная и Эюд, и составило на 14 и 11 шт. соответственно. Количество ростков по всем сортам достоверно снижалось при комбайновом обмолоте в сравнении с контролем ($HCP_{05} = 3$ шт.). Максимальные значения длины ростка были получены при ручном обмолоте (9,9–11,9 см). После обмолота комбайном минимальное снижение этого показателя получено у сорта Лидия (11,0 см) при пониженном режиме обмолота (1000 об/мин⁻¹), а максимальное снижение – у раннеспелого сорта Эюд при рекомендуемом режиме обмолота (1500 об/мин⁻¹) и составило на 4,1 см в сравне-

нии с контролем. Наблюдалось существенное уменьшение длины ростков, полученных из семян, обмолоченных комбайном, по сравнению с контролем.

Наибольшая масса сухих ростков, в пересчете на 100 шт. была получена на контроле у сортов среднеранней группы Лидия (0,73 г) и Аскет (0,72 г). Масса сухих ростков из семян, обмолоченных при рекомендуемой скорости вращения барабана, составила от 0,45 до 0,55 г. Дальнейшее снижение режимов оборотов до 1000 об/мин⁻¹ по всем сортам озимой пшеницы привело к увеличению этого показателя. По массе 100 сухих корешков достоверное снижение значений к контролю получено у всех образцов, кроме среднепозднего сорта Амбар. У него получены значения при различных режимах работы в пределах ошибки опыта.

Полевая всхожесть семян после рекомендуемого режима обмолота комбайном (1500 об/мин⁻¹) была ниже значений контроля у сортов: Станичная и Эюд – на 17 и 16 %, у сорта Аскет – на 9 %, Лидия – на 11 %, Амбар – на 6 %. При снижении режима обмолота до 1000 об/мин⁻¹ получено незначительное повышение этого показателя в сравнении с рекомендуемым и составило от 1 до 4 %. У раннеспелых сортов (Станичная и Эюд) отмечены минимальные значения полевой всхожести – 76 %.

При дальнейшей доработке зерновка неоднократно подвергается ударам, сжатию, трению, что приводит к повреждению верхних и внутренних тканей семени. Послеуборочная доработка включает в себя основные технологические операции (очистка, сортировка) и вспомогательные (транспортировка), в результате чего происходит травмирование семян. При деформации повреждение верхних слоев зерновки не заметно (не наблюдается). Зерновка восстанавливает свою форму за счет упругих свойств и кажется неповрежденной, при этом внутренние ткани повреждены. Снижение посевных качеств связано как с наличием видимых травм, так и внутренних.

После доработки семян пшеницы на сеяночистительно-сортировальной технике ВИМ-1 «Селекция» суммарное травмирование увеличилось еще на 2 % у сортов Станичная и Эюд; на 4 % – у сортов Аскет, Лидия; на 1 % – у сорта Амбар (табл. 2)

Таблица 2. Влияние травмирования на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян озимой пшеницы после обмолота и доработки семян (2020–2022 гг.)
Table 2. The effect of injury on germination energy and laboratory germination of winter wheat seeds after threshing and seed processing (2020–2022)

Вариант опыта	Всего семян с повреждениями, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Станичная			
Ручной обмолот (контроль)	2	97	99
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	54	93	96
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	56	91	96
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	55	89	92

Продолжение табл. 2

Вариант опыта	Всего семян с повреждениями, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Этюд			
Ручной обмолот (контроль)	1	96	99
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	50	92	95
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	52	90	96
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	55	89	93
Аскет			
Ручной обмолот (контроль)	1	97	97
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	38	89	94
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	42	87	94
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	41	85	92
Лидия			
Ручной обмолот (контроль)	1	98	99
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	44	89	94
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	48	86	94
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	50	84	93
Амбар			
Ручной обмолот (контроль)	1	95	98
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	36	88	94
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	36	90	95
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	38	88	93
НСР ₀₅	2,3	3,8	2,5

Примечание. * – рекомендуемый режим обмолота (1500 об/мин⁻¹).

Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant» привела к увеличению количества микроповреждений у сортов раннеспелой группы: на 1 % – Станичная, на 5 % – Этюд; у сортов среднеранней: на 3 % – Аскет и на 6 % – Лидия; у среднеспелого сорта – на 2 % (Амбар). Значительное увеличение процента травмирования семян в результате очистки наблюдалось у сорта Лидия.

Энергия прорастания семян у изучаемых сортов после их уборочной доработки на семяочистительно-сортировальной машине ВИМ-1 «Селекция» снизилась в сравнении с вариантом обмолота комбайном Wintersteiger Classic на 2–3 %. Установлена практически идентичная

сумма микроповреждений семян при очистке у сортов Станичная и Аскет как на семяочистительных машинах ВИМ -1 «Селекция», так и на Petkus K-531 «Gigant», – 56, 55 % и 42, 41 % соответственно. Лабораторная всхожесть при этом снизилась с 99 (ручной обмолот) до 94 % (ВИМ-1 «Селекция») и 92% (Petkus K-531 «Gigant»).

Травмирование семян влияет на рост и развитие растений. Нарушение целостности оболочек и повреждение зародыша оказывает отрицательное действие на развитие проростка. Максимальное значение длины ростка и массы 100 сухих проростков у изучаемых сортов получено при ручном обмолоте (табл. 3).

Таблица 3. Морфологическая оценка проростков в зависимости от обмолота и послеуборочной доработки семян (2020–2022 гг.)
Table 3. Morphophysiological estimation of seedlings depending on threshing and post-harvest seed processing (2020–2022)

Вариант опыта	Всего семян с повреждениями, %	Проросток			
		количество ростков, шт.	длина ростка, см	масса 100 сухих ростков, г	масса 100 сухих корешков, г
Станичная					
Ручной обмолот (контроль)	2	97	11,4	0,69	0,69
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	54	83	9,4	0,54	0,54
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	56	82	9,1	0,50	0,53
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	55	81	8,9	0,47	0,50
Этюд					
Ручной обмолот (контроль)	1	95	11,6	0,65	0,63
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	50	85	7,5	0,55	0,51
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	51	89	7,4	0,53	0,52
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	55	85	7,7	0,50	0,49
Аскет					
Ручной обмолот (контроль)	1	96	9,9	0,72	0,61
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	38	88	7,4	0,54	0,55

Продолжение табл. 3

Вариант опыта	Всего семян с повреждениями, %	Проросток			
		количество ростков, шт.	длина ростка, см	масса 100 сухих ростков, г	масса 100 сухих корешков, г
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	42	84	7,4	0,53	0,53
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	41	87	7,5	0,52	0,52
Лидия					
Ручной обмолот (контроль)	1	97	11,9	0,73	0,58
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	44	86	9,3	0,54	0,44
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	48	83	7,4	0,53	0,41
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	50	85	7,7	0,55	0,38
Амбар					
Ручной обмолот (контроль)	1	97	10,8	0,66	0,57
Обмолот комбайном Wintersteiger Classic *	36	90	7,1	0,45	0,54
Доработка семян на ВИМ-1 «Селекция»	35	94	6,8	0,45	0,53
Доработка семян на Petkus K-531 «Gigant»	38	91	6,5	0,44	0,51
НСР ₀₅	2,3	1,9	0,24	0,03	0,03

Примечание. * – рекомендуемый режим обмолота (1500 об/мин¹).

Значение длины ростка различалось по сортам. Варьирование составило при ручном обмолоте от 9,9 см (Этюд) до 11,9 см (Лидия), доработка семян на ВИМ-1 «Селекция» – от 6,8 см (Амбар) до 9,1 см (Станичная), доработка на Petkus K-531 «Gigant» – от 6,5 см (Амбар) до 8,9 см (Станичная). Наибольшее снижение массы сухих ростков отмечено у сорта Станичная.

Так, установлено, что травмированных семян будет меньше и посевные качества будут выше при доработке на ВИМ-1 «Селекция».

Выводы. Уровень микроповреждений зависит от физического состояния семян, режимов работы уборочной техники и дальнейшей

доработки семян. Семена с различным количеством микроповреждений в лабораторных условиях имеют всхожесть, соответствующую ГОСТу на посевные качества. Максимальный процент травмированных семян (45–54 %) получен у сортов раннеспелой группы, что привело к существенному снижению полевой всхожести (76 %). Наибольшее травмирование происходит в зерноуборочной технике – 33–54 %, что приводит к снижению полевой всхожести на 4–17 % в сравнении с контролем. При послеуборочной доработке семян, вне зависимости от вида применяемых машин, количество травмированных семян увеличивается.

Библиографические ссылки

1. Гриценко В.В., Калошина З.М. Семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1984. 272 с.
2. Деревянко, Д.А. Влияние травмирования и микроорганизмов на качество семян озимой пшеницы при уборке, послеуборочной обработке и посеве // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2011. № 2. С. 53–55.
3. Калинина Н.В., Суббота Т.В. Качество семян сортов озимой твердой пшеницы при разной степени механических повреждений во время уборки // Земледелие. 2013. № 3. С. 42–44.
4. Павлова О.В., Марченкова Л.А., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Гармаш Н.Ю., Чебаненко С.И., Савоськина О.А. Посевные качества семян и ростовые процессы на ранних этапах органогенеза озимой пшеницы в зависимости от обработки их биопрепаратами // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 36–43. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-36-43
5. Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Черткова Н.Г., Калинина Н.В. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в первичном семеноводстве // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28
6. Нуруллин Э.Г., Файзуллин Р.А. Экспериментальные исследования травмирования семян в сельскохозяйственных машинах // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 2 (66). С. 99–105. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-99-105
7. Оробинский В.И., Тарасенко А.П., Дерканосова Н.М., Корнев А.С., Подорванов Д.А. Обоснование выбора комбайна для уборки семенных посевов зерновых культур // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 86–91. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.4.86
8. Ряднов А.И., Арылов Ю.Н. Повышение урожайности яровой пшеницы за счет использования семян с низким уровнем травмирования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 45–52. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-05
9. Gu R., Huang R., Jia G.-Y., Yuan Z.-P., Ren L., Li L., Wang J. Effect of mechanical threshing on damage and vigor of maize seed threshed at different moisture contents. Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18, Iss. 7. P. 1571–1578. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)62026-X
10. Nurullin E. G., Dmitriev A. V., Khaliullin D. T., Malanichev I. V. Modeling the destruction of the grain shell of cereal crops // In: BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference

"Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources". Kazan. 2022. Vol. 52, Article number: 00060. DOI: 10.1051/bioconf/20225200060

References

1. Gritsenko V.V., Kaloshina Z.M. *Semenovedenie polevykh kul'tur* [Seed study of field crops]. M.: Kolos, 1984. 272 s.
2. Derevyanko D.A. Vliyanie travmirovaniya i mikroorganizmov na kachestvo semyan ozimoi pshenitsy pri uborke, posleuborochnoi obrabotke i poseve [The effect of injury and microorganisms on winter wheat seed quality during harvesting, post-harvest processing and sowing] // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011. № 2. S. 53–55
3. Kalinina N.V. Subbota T.V. Kachestvo semyan sortov ozimoi tvrdoi pshenitsy pri raznoi stepeni mekhanicheskikh povrezhdenii vo vremya uborki [The seed quality of winter durum wheat varieties under varying degrees of mechanical damage] // *Zemledelie*. 2013. № 3. S. 42–44.
4. Pavlova O.V., Marchenkova L.A., Chavdar' R. F., Orlova T. G., Garmash N. Yu., Chebanenko S. I., Savos'kina O.A. Posevnye kachestva semyan i rostovye protsessy na rannikh etapakh organogeneza ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot obrabotki ikh biopreparatami [Sowing qualities of seeds and growth processes at the early stages of winter wheat organogenesis depending on their treatment with biological products] // *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2023. № 1. S. 36–43. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-36-43
5. Skvortsova Yu. G., Filenko G.A., Firsova T.I., Chertkova N. G., Kalinina N. V. Otsenka urozhainosti i posevnykh kachestv u sortov ozimoi myagkoi pshenitsy seleksii FGBNU «ANTs «Donskoi» v pervichnom semenovodstve [Estimation of productivity and sowing qualities of winter bread wheat varieties developed by FSBSI ARC "Donskoy" in primary seed production] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2021. № 5 (77). S. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28
6. Nurullin E.G., Faizullin R.A. Eksperimental'nye issledovaniya travmirovaniya semyan v sel'skokhozyaistvennykh mashinakh [Experimental study of seed injury in agricultural machines] // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. T. 17, № 2 (66). S. 99–105. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-99-105
7. Orobinskii V.I., Tarasenko A. P., Derkanosova N. M., Kornev A. S., Podorvanov D.A. Obosnovanie vybora kombaina dlya uborki semennykh posevov zernovykh kul'tur [Substantiation for choosing a combine for harvesting grain crops] // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 4. S. 86–91. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.4.86
8. Ryadnov A.I., Arylov Yu. N. Povyshenie urozhainosti yarovoi pshenitsy za schet ispol'zovaniya semyan s nizkim urovnem travmirovaniya [Improvement of spring wheat productivity using seeds with a low level of injury] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2022. № 4 (68). S. 45–52. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-05
9. Gu R., Huang R., Jia G.-Y., Yuan Z.-P., Ren L., Li L., Wang J. Effect of mechanical threshing on damage and vigor of maize seed threshed at different moisture contents. *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18, Iss. 7. R. 1571–1578. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)62026-X
10. Nurullin E. G., Dmitriev A. V., Khaliullin D. T., Malanichev I. V. Modeling the destruction of the grain shell of cereal crops // In: *BIO Web of Conferences*. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources". Kazan, 2022. Vol. 52, Article number: 00060. DOI: 10.1051/bioconf/20225200060

Поступила: 14.04.23; доработана после рецензирования: 04.09.23; принята к публикации: 04.09.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Скворцова Ю.Г. – выполнение полевых / лабораторных опытов, сбор и анализ данных, подготовка рукописи; Калинина Н.В. – анализ данных и подготовка рукописи; Фирсова Т.И. – концептуализация исследований; Филенко Г.А. – выполнение полевых / лабораторных опытов, сбор данных и подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.16:579.64:631.811(470.12)

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-63-69

**ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА,
СОЗДАННОГО НА ОСНОВЕ *LACTOBACILLUS BUCHNERI*,
НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ
В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

И. И. Рассохина¹, научный сотрудник лаборатория биоэкономики и устойчивого развития, rasskhinairina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6129-6912;

А. В. Платонов^{1,2}, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатория биоэкономики и устойчивого развития, platonov70@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1110-7116

¹ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук»,
160014, г. Вологда, ул. Гоголя, д. 56А;

²ФКОУ ВО «Вологодский институт права и экономики» ФСИН России,
160002, г. Вологда, ул. Щетинина, д. 2

Цель работы – изучить действие экспериментального микробиологического препарата «Натурост-Актив», созданного на основе живых бактерий *Lactobacillus buchneri*, на рост и продуктивность ячменя в условиях Вологодской области. Исследования проводили в течение вегетационных периодов 2019, 2020 и 2022 гг. на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», а также в производственных условиях на полях СХПК Колхоз «Передовой» (Вологодская область). Препарат «Натурост-Актив» вносили дважды: замачивали семена опытной группы в рабочий раствор (1 мл препарата на 1 л воды) и опрыскивали филлосферу растений в фазу кущения. В качестве контроля использовали водопроводную воду. В результате было выявлено увеличение потенциальной энергообеспеченности ячменя: площадь отдельного листа опытных растений превзошла контроль на 16 %, а содержание суммы хлорофиллов (a+b) – на 34–42 %. Это в свою очередь способствовало более активному накоплению сухой массы опытных растений по сравнению с контролем (при действии препарата наблюдалось увеличение сухой массы растения относительно контроля на 12–65 %). Изменения ростовых процессов растений сказались и на зерновой продуктивности, которая в вариантах с препаратом возросла на 8–26 % относительно контроля. Результаты производственного опыта в целом оказались схожими с результатами мелкоделяночных экспериментов. Так, в условиях реального хозяйствования зерновая продуктивность ячменя сорта Сонет при внесении биопрепарата «Натурост-Актив» возросла на 14 % относительно контроля. Увеличение урожайности зерна было связано как с увеличением количества продуктивных побегов, так и с увеличением массы отдельной зерновки.

Ключевые слова: *Hordeum*, *Lactobacillus*, рост, зерновая продуктивность, фотосинтетические пигменты.

Для цитирования: Рассохина И. И., Платонов А. В. Влияние микробиологического препарата, созданного на основе *Lactobacillus buchneri*, на рост и урожайность ячменя в условиях Вологодской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 63–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-63-69.

**THE EFFECT OF A MICROBIOLOGICAL PRODUCT
BASED ON *LACTOBACILLUS BUCHNERI*
ON BARLEY GROWTH AND PRODUCTIVITY
IN THE VOLOGDA REGION**

I. I. Rassokhina¹, researcher the laboratory for bioeconomy and stable development, rasskhinairina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6129-6912;

A. V. Platonov^{1,2}, Candidate of Biological Sciences, leading researcher the laboratory for bioeconomy and stable development, platonov70@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1110-7116

¹FSBIS “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences”,
160014, Vologda, Gorky Street, 56A;

²VILE of the FPS of Russia,
160002, Vologda, Tshetinin Str., 2

The purpose of the work was to study the effect of the experimental microbiological product 'Naturost-Aktiv', developed on the basis of live bacteria *Lactobacillus buchneri*, on barley growth and productivity in the Vologda region. The study was carried out during the vegetation periods of 2019, 2020 and 2022 on the experimental field of the FSBIS “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences”, as well as in production conditions on the fields of the APC Collective farm “Peredovoy” (Vologda Region). The product 'Naturost-Aktiv' was applied twice, when the seeds of the experimental group were soaked in the working solution (1 ml of the product per 1 liter of water) and the phyllosphere of the plants was sprayed in the tillering phase. Tap water was used as control. As a result, there has been identified an increase in the potential energy supply of barley. The area of an individual leaf of experimental plants exceeded the control by 16 %, and the content of the total chlorophylls (a+b) exceeded by 34–42 %, which contributed to a more active accumulation of dry mass of experimental plants in comparison with the control (during

the action of the product there was an increase in the dry weight of the plant by 12–65 % relative to the control). The changes in the plant growth processes also affected the grain productivity, which increased by 8–26 % in the variants with the product compared to the control. The results of the production experiment, in general, turned out to be like the results of small-plot experiments. Thus, in the conditions of real management, grain productivity of the barley variety 'Sonet' increased by 14 % with the use of the product 'Naturrost-Aktiv' relative to the control. Grain productivity improvement was associated both with an increase in the number of productive shoots and with an increase in the weight of an individual grain.

Keywords: *Hordeum*, *Lactobacillus*, growth, grain productivity, photosynthetic pigments.

Введение. Традиционной отраслью сельского хозяйства Вологодской области является молочное скотоводство. Отсюда вопрос о необходимости повышения количества и качества заготавливаемых кормов, в том числе и кормового зерна, на территории региона очевиден (Суровцев и др., 2016).

Важнейшей зерновой культурой в Вологодской области является ячмень (на его долю приходится 17–18 % от всех посевных площадей), один из основных сортов – Сонет. В регионе зерно ячменя используют прежде всего как концентрированный корм для скота, что связано с высокой питательностью (в 1 кг зерна содержится 1,2 кормовых единицы), содержанием белка (12–15 %), сахаров (до 40 %) и жира (до 4 %) (Сумина и Полонский, 2020). При этом, ячмень относительно неприхотливая культура, что позволяет успешно возделывать его в Вологодской области с ее изменчивыми погодными условиями.

Введение традиционного сельского хозяйства, использующего преимущественно химические средства питания и защиты растений, в век экологизации по мнению ряда исследователей все чаще трактуется с негативным оттенком (Проворов и Тихонович, 2022; Кирюшин, 2012). Однако количество биопестицидов и/или биостимуляторов роста растений, допущенных к использованию на территории России, в настоящее время крайне мало, особенно по сравнению с разнообразными химическими средствами (Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2023). При этом польза от использования микробных препаратов может достигать ощутимых эффектов. Так, например, действие препарата «Флавобактерин» способно повысить урожайность ячменя в условиях Вологодской области на 14 %, а содержание сырого протеина в зерне – на 0,23–1,31 % (Суров и др., 2015). Кроме того, существует множество перспективных штаммов бактерий, которые способны оказать не менее эффективное действие на рост и продуктивность зерновых культур. Как правило, утверждая подобное, прежде всего имеют в виду бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas* (Рассохина, 2021). Однако стоит отметить, что кисломолочные бактерии, которые относительно мало изучены с точки зрения повышения продуктивности растений, также имеют ощутимый потенциал использования в растениеводстве. При этом данные бактерии довольно конкурентоспособны, что позволяет им успешно существовать в почве и эффектив-

но взаимодействовать в системе с растениями. Так, представители рода *Lactobacillus* повышают устойчивость растений к стрессорам, патогенам, а также приводят к активации роста и развития растений (Limanska et al., 2013; Ржевская и др., 2014). Установлено, что антимикробная и ростстимулирующая активность молочнокислых бактерий связана с продуцированием ими различных метаболитов (Danilova et al., 2019), в частности валериановой и масляной кислот (Лапицкая и др., 2008), также эти бактерии способны к синтезу и метаболизму фитогормонов группы ауксина (Gummala and Broadbent, 1999; Сырова и др., 2022).

Цель работы – изучить действие экспериментального микробиологического препарата «Naturrost-Aktiv», созданного на основе живых бактерий *Lactobacillus buchneri*, на рост и продуктивность ячменя в условиях Вологодской области.

Материалы и методы исследований.

Исследования по изучению действия препарата «Naturrost-Aktiv», проводили на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», а также в производственных условиях на полях СХПК Колхоз «Передовой» (Вологодская область). Исследуемый микробиологический препарат создан компанией ООО «Биотроф» (г. Санкт-Петербург) на основе живых бактерий *Lactobacillus buchneri*. Питательной средой для культивирования бактерий служила свекловичная меласса (2 %) и минеральные соли (источник азота – нитрат натрия). В 1 мл препарата содержание живых клеток составляло не менее 1×10^8 КОЕ. Производителем отмечено, что препарат «Naturrost-Aktiv» обладает антифунгицидным эффектом в отношении грибов рода *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, повышает иммунитет растений за счет продуцирования микроорганизмами четырех типов ауксинов (индолил-3-молочной кислоты, индолил-3-карбоновой кислоты, индолил-альдегида и индолил-3-уксусной кислоты), стимулирует развитие корневой и вегетативной частей растения, а также способствует снижению содержания микотоксинов. В качестве культуры использовали яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта Сонет.

Мелкоделяночные полевые опыты проводили в течение вегетационных периодов 2019, 2020 и 2022 годов. Производственный эксперимент был поставлен в 2020 году. Погодные условия вегетационных периодов ощутимо отличались по температурному режиму и количеству осадков (табл. 1).

Таблица 1. Погодные условия вегетационных периодов годов исследования в окрестностях г. Вологды (по данным портала «Погода и климат» – <http://www.pogodaiklimat.ru>)

Table 1. Weather conditions during the vegetation periods during the years of study in Vologda (according to the weather and climate portal, <http://www.pogodaiklimat.ru>)

Показатель	Норма*	Относительно нормы**		
		2019	2020	2022
Среднемесячная температура мая, °С	11,0	+1,0	-2,0	-3,0
Количество осадков в мае, мм	41,4	-9,4	+95,6	+23,6
Среднемесячная температура июня, °С	14,5	+1,6	+1,5	+1,5
Количество осадков в июне, мм	59,6	-8,6	+1,4	+1,4
Среднемесячная температура июля, °С	17,9	-3,8	-0,9	+1,3
Количество осадков в июле, мм	66,3	+92,7	+75,7	+14,7
Среднемесячная температура августа, °С	15,2	-3,1	-1,1	+4,1
Количество осадков в августе, мм	70,5	+21,5	+0,5	-43,5

Примечание. * – норма рассчитывалась как среднее значение за 2000–2018 гг; ** – «+» – больше нормы, «-» – меньше нормы.

В целом вегетационный период 2019 г. выдался умеренно влажным, теплым в начале и прохладным в конце, 2020 г. – влажный и умеренно теплый с прохладным маем, а 2022 г. – умеренно влажный и жаркий с довольно холодным маем.

В мелкоделяночных полевых опытах учетная площадь делянки составила 2 м², повторность – 6-кратная. Посев ячменя проводили во вторую-третью неделю мая в соответствии с принятыми нормами высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Перед посевом семена опытных групп на 2 ч помещали в рабочий раствор экспериментального микробиологического препарата «Натурост-Актив» (1 мл препарата на 1 л воды), в качестве контроля использовали водопроводную воду. В фазу кущения, после снятия промеров, проводили опрыскивание филлосферы растений рабочим раствором исследуемого микробного препарата с помощью ручного пульверизатора до появления на растениях капель мелкодисперсной росы. Уход за культурой происходил в соответствии с общепринятыми агротехническими приемами, минеральные удобрения и гербициды не вносились.

В производственном опыте на поле СХПК Колхоз «Передовой» с общей площадью посевов около 60 га культура возделывалась по интенсивной технологии с применением минеральных удобрений и пестицидов. Посев из-за неблагоприятных погодных условий был проведен 26 мая. Внесение бактерий осуществлялось путем инокуляции семян перед посевом в рабочем растворе препарата (1 мл препарата на 1 л воды). Повторную обработку биопрепаратом выполняли в фазу кущения путем опрыскивания вегетирующих растений с нормой расхода рабочего раствора 200 л/га, рабочий раствор готовили из расчета 1 л препарата на 1 га.

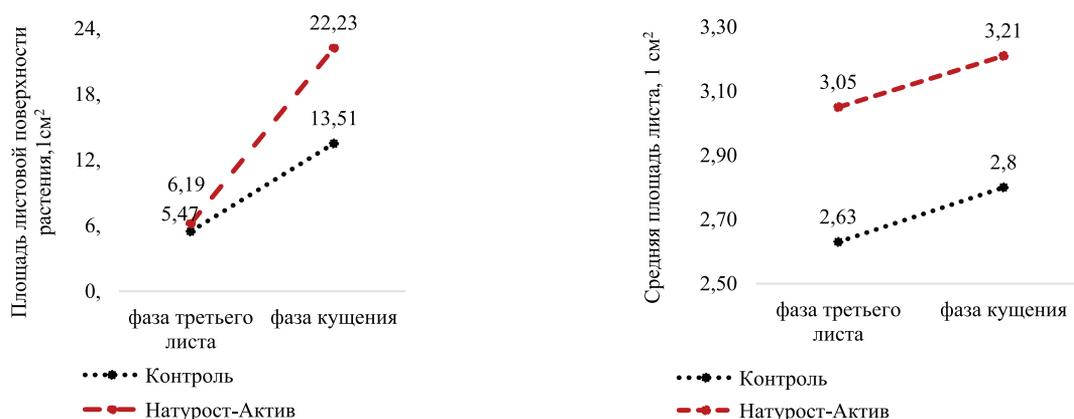
В течение вегетации на разных фазах развития проводили учет сырой и сухой массы опытных и контрольных растений, количество побегов, количество и площадь листьев. В фа-

зах кущения и трубкования спектрофотометрическим методом определяли количественное содержание хлорофилла а, хлорофилла b, суммы хлорофиллов (a+b) и каротиноидов. Извлечение пигментов проводили с помощью 85 %-го ацетона. В фазу восковой спелости отбирался сноповый материал для оценки структуры урожая ячменя: при этом подсчитывали продуктивную кустистость, количество зерновок в колосе, массу 1000 зерновок, а также зерновую урожайность культуры.

Статистическую обработку данных осуществляли по стандартным методикам с использованием пакета анализа данных программы MS Excel'2010. В таблицах представлены арифметические значения показателей и величины их стандартных ошибок. Оценку достоверности различия выборочных средних проводили при значении доверительной вероятности 0,95.

Результаты и их обсуждение. На основании трехлетних результатов исследования было отмечено увеличение ростовых параметров ячменя сорта Сонет при действии микробного препарата. Например, в 2019 г. оценка площади ассимиляционного аппарата растений показала, что препарат «Натурост-Актив» статистически достоверно увеличивал как площадь отдельного листа до 16 %, так и площадь листьев целого растения (см. рис.).

Помимо определения площади ассимиляционного аппарата, проводили оценку и содержания фотосинтетических пигментов в листьях ячменя (табл. 2). В начале вегетации, в фазу кущения, препарат способствовал увеличению содержания исследуемых фотосинтетических пигментов. Так, например, в эксперименте 2020 г. содержание суммы хлорофиллов в опытном варианте превзошло контроль на 42 %, а содержание каротиноидов – на 17 %. В фазу трубкования превосходство по содержанию хлорофиллов и каротиноидов в варианте с внесением препарата «Натурост-Актив» сохраняется и достигает 18–49 и 13 % соответственно.



Примечание. * – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,05$.

Площадь ассимиляционной поверхности ячменя в начале вегетации (опыт 2019 г.)
Area of the assimilation surface of barley at the beginning of the vegetation period (the trial of 2019)

Таблица 2. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях ячменя (опыт 2020 г.)
Table 2. Content of photosynthetic pigments in barley leaves (the trial of 2020)

Показатель	Контроль	Натурост-Актив	НСР ₀₅
<i>фаза кущения</i>			
Хлорофилл а, мг/г сыр. массы	0,613 ± 0,067	0,739 ± 0,018*	0,115
Хлорофилл b, мг/г сыр. массы	0,193 ± 0,018	0,242 ± 0,006*	0,042
Сумма хлорофиллов а и b, мг/г сух. массы	0,805 ± 0,085	1,142 ± 0,171*	0,300
Каротиноиды, мг/г сыр. массы	0,367 ± 0,037	0,430 ± 0,004	0,093
<i>фаза трубкования</i>			
Хлорофилл а, мг/г сыр. массы	0,750 ± 0,095	1,121 ± 0,076*	0,301
Хлорофилл b, мг/г сыр. массы	0,354 ± 0,066	0,416 ± 0,029*	0,059
Сумма хлорофиллов а и b, мг/г сыр. массы	1,142 ± 0,267	1,534 ± 0,103*	0,320
Каротиноиды, мг/г сыр. массы	0,562 ± 0,099	0,635 ± 0,035	0,124

Примечание. * – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,05$.

Увеличение ассимиляционной поверхности опытных растений и содержания фотосинтетических пигментов в листьях может указывать на возрастание их продуктивного потенциала. Это согласуется с увеличением сухой массы опытных растений относительно контроля (табл. 3). Так, в фазу кущения в варианте с препаратом «Натурост-Актив» она возрастает на 27–31 %, в фазу трубкования – на 12–65 %. Также наблюдалось увеличе-

ние и высоты опытных растений относительно контроля на 7–23 %. Стоит отметить, что наиболее ощутимые различия по морфометрическим параметрам опытного и контрольного вариантов были выражены в более комфортные с точки зрения погодных условий периоды – 2019 и 2022 годы. Вероятно, чрезмерно влажные погодные условия 2020 г. негативно сказались на процессах жизнедеятельности бактерий биопрепарата.

Таблица 3. Роствые параметры ячменя в процессе онтогенеза
Table 3. Barley growth parameters during ontogenesis

Вариант	Кустистость 1 растения, шт.	Количество листьев 1 растения, шт.	Сухая масса 1 растения, г	Высота растения, см	
<i>фаза кущения</i>					
2019	Контроль	2,0 ± 0,1	5,1 ± 0,1	0,178 ± 0,012	24,1 ± 1,2
	Натурост-Актив	2,3 ± 0,1	7,0 ± 0,2*	0,234 ± 0,018*	29,7 ± 1,0*
	НСР ₀₅	0,4	1,0	0,045	4,1
2020	Контроль	1,3 ± 0,1	5,6 ± 0,2	0,113 ± 0,006	19,9 ± 2,1
	Натурост-Актив	1,3 ± 0,1	5,5 ± 0,2	0,145 ± 0,004*	21,2 ± 1,0
	НСР ₀₅	0,3	0,8	0,017	2,3
2022	Контроль	1,0 ± 0,1	7,4 ± 0,2	0,258 ± 0,020	21,2 ± 1,1
	Натурост-Актив	1,2 ± 0,1	7,3 ± 0,3	0,328 ± 0,026*	24,4 ± 0,9*
	НСР ₀₅	0,3	0,8	0,051	2,0

Продолжение табл. 3

Вариант		Кустистость 1 растения, шт.	Количество листьев 1 растения, шт.	Сухая масса 1 растения, г	Высота растения, см
<i>фаза трубкования</i>					
2019	Контроль	4,0 ± 0,4	12,1 ± 1,1	0,964 ± 0,045	39,8 ± 1,1
	Натурост-Актив	5,8 ± 0,5	18,8 ± 2,3*	1,587 ± 0,081*	48,2 ± 0,7*
	НСР ₀₅	0,4	2,1	0,141	5,2
2020	Контроль	1,5 ± 0,1	8,0 ± 0,5	0,542 ± 0,046	31,1 ± 1,5
	Натурост-Актив	1,6 ± 0,1	7,9 ± 0,4	0,609 ± 0,026	33,4 ± 1,9
	НСР ₀₅	0,5	1,0	0,085	3,1
2022	Контроль	1,2 ± 0,1	8,7 ± 0,1	0,693 ± 0,038	34,5 ± 0,1
	Натурост-Актив	1,3 ± 0,1	9,2 ± 0,1	0,915 ± 0,084*	38,8 ± 0,2*
	НСР ₀₅	0,3	0,9	0,122	3,3

Примечание. * – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,05$.

Влияние бактерий на рост и развитие культуры проявилось и в увеличении среднесуточных приростов по сухой массе. Например, в опыте 2022 г. за период между фазами кущения и трубкования прирост по сухой массе ячменя, который был обработан препаратом «Натурост-Актив», превзошел контроль на 31 %.

Любые изменения физиологических процессов растений, в том числе и на ранних этапах онтогенеза, сказываются и на зерновой

продуктивности, что наблюдается и в наших исследованиях. Общее количество продуктивных побегов возрастало на 9–18% относительно контроля. При этом в вегетационные периоды 2019 и 2022 гг. при действии препарата «Натурост-Актив» количество зерновок в колосе было больше контроля до 14 %, а масса 1000 зерновок – до 7 %. Во влажный 2020 г. и количество зерновок в колосе, и масса отдельной зерновки существенно от контроля не отличались (табл. 4).

Таблица 4. Хозяйственная продуктивность ячменя
Table 4. Barley economic productivity

Вариант		Продуктивная кустистость, шт.	Количество зерновок в колосе, шт.	Масса 1000 зерновок, г	Масса зерна с м ² , г
2019	Контроль	3,9 ± 0,2	14,0 ± 0,3	40,7 ± 0,8	278,1 ± 14,0
	Натурост-Актив	4,3 ± 0,1	15,8 ± 0,3	43,5 ± 1,3*	319,4 ± 20,7*
	НСР ₀₅	0,5	2,6	1,8	35,1
2020	Контроль	1,1 ± 0,1	17,5 ± 1,2	51,4 ± 1,3	209,0 ± 6,0
	Натурост-Актив	1,2 ± 0,1	17,9 ± 1,6	52,6 ± 0,9	226,4 ± 6,5*
	НСР ₀₅	0,3	1,9	2,3	14,4
2022	Контроль	1,1 ± 0,1	15,5 ± 1,5	44,2 ± 1,3	180,0 ± 5,8
	Натурост-Актив	1,3 ± 0,1	17,7 ± 1,2	46,7 ± 1,3	226,3 ± 4,8*
	НСР ₀₅	0,4	2,5	2,7	21,3

Примечание. * – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,05$.

Общая зерновая продуктивность ячменя сорта Сонет при действии препарата «Натурост-Актив» возросла на 8–26 % в зависимости от условий вегетационного периода. При этом наиболее ощутимое действие бактерии оказывали в 2022 г. с комфортными влажными и теплыми условиями лета.

Положительные результаты 2019 г. по испытанию действия микробного препарата «Натурост-Актив» позволили в 2020 г. провести производственный эксперимент. Из данных табли-

цы 5 следует, что биопрепарат способствовал увеличению морфофизиологических параметров опытных растений. Так, например, количество побегов при действии бактерий препарата возрастало на 22–48 %, количество листьев – на 27 %, содержание хлорофиллов – на 10–33 % в зависимости от фазы развития ячменя. При этом сухая масса опытных растений при действии препарата «Натурост-Актив» превосходила контроль на 10–11 %.

Таблица 5. Результаты оценки ростовых параметров в производственном опыте на полях СХПК Колхоз «Передовой»
Table 5. Estimation results of growth parameters in the production trial on the fields of the APC Collective farm "Peredovoy"

Показатель	Контроль	Натурост-Актив	НСР ₀₅
<i>фаза кущения</i>			
Общая кустистость, шт.	1,8±0,1	2,2±0,1*	0,3
Сухая масса 1 растения, г	0,88±0,09	0,98±0,10	0,20
Содержание хлорофилла а+b, мг/г сырой массы	0,828±0,163	0,914±0,045	0,210

Продолжение табл. 5

Показатель	Контроль	Натурост-Актив	НСР ₀₅
<i>фаза начала цветения</i>			
Общая кустистость, шт.	2,5±0,3	3,7±0,4*	0,8
Количество листьев 1 растения, шт.	14,2±3,6	18,1±3,2	4,8
Сухая масса 1 растения, г	1,86±0,06	2,04±0,09*	0,17
Содержание хлорофилла a+b, мг/г сырой массы	2,263±0,049	3,021±0,129*	0,180

Примечание. * – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,05$.

Вероятно, наблюдаемое увеличение сухой массы связано с увеличением фотосинтетической продуктивности опытных вариантов. Данное предположение согласуется и с наблюдаемым увеличением ассимиляционной поверхности опытных культур относительно контроля. Так, в фазу цветения средняя площадь листа и количество листьев у растений в варианте с внесением «Натурост-Актив» превзошло контроль на 36 и 32 % соответственно.

В целом результаты производственного опыта оказались схожими с результатами мелкоделяночного эксперимента. Так, и в условиях реального хозяйствования зерновая продуктивность ячменя сорта Сонет при внесении биопрепарата «Натурост-Актив» возросла на 14 % (табл. б). Зерновая продуктивность увеличилась как за счет возрастания продуктивной кустистости на 10 %, так и массы зерновки на 5 %.

Таблица 6. Результаты оценки структуры урожая в производственном опыте на полях СХПК Колхоз «Передовой»
Table 6. Estimation results of yield structure in the production experiment on the fields of the APC Collective farm "Peredovoy"

Показатель	Контроль	Натурост-Актив
Продуктивная кустистость, шт.	2,1 ± 0,1	2,3 ± 0,1
Масса 1000 зерновок, г	57,1±1,1	60,2±1,1
Количество зерновок в колосе, шт.	18,3±4,1	18,7±2,8
Масса зерна, т/га	3,855	4,395

Вывод. Таким образом, экспериментальный препарат «Натурост-Актив», созданный на основе живых бактерий *L. Buchneri*, оказал стимулирующее влияние на рост и продуктивность ярового ячменя сорта Сонет в условиях Вологодской области. За три года исследований в условиях мелкоделяночного

эксперимента зерновая продуктивность культуры при использовании биопрепарата возросла на 8–26 %, а в условиях производственного эксперимента – на 14 %. Увеличение зерновой продуктивности растений происходило за счет увеличения массы зерновки и продуктивной кустистости растений.

Библиографические ссылки

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2023. Т. 1.
2. Кирюшин, В. И. Проблема экологизации земледелия в России (белгородская модель) // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 12. С. 3–9.
3. Лапицкая Е. А., Петров В. Б., Никонов И. Н., Кряжевских Л. А., Лаптев Г. Ю. Препарат «Биотроф-600» – стимулятор роста помидоров // Аграрный вестник Урала. 2008. № (5). С. 42–44.
4. Проворов Н. А., Тихонович И. А. Сельскохозяйственная микробиология и симбиогенетика: синтез классических идей и конструирование высокопродуктивных агроценозов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57, № 5. С. 821–831. DOI: 10.15389/agrobology.2022.5.821rus
5. Рассохина И. И. Использование микроорганизмов как средство повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур // Агробиотехника. 2021. Т. 4, № 3. С. 1–17. DOI: 10.15838/ait.2021.4.3.2
6. Ржевская В. С., Отурина И. П., Теплицкая Л. М. Изучение биологических свойств штаммов молочнокислых бактерий // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2014. № 27(66). С. 145–160.
7. 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. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-3
8. Суров В. В., Чухина О. В., Куликова Е. И., Анфимова С. Л. Влияние удобрений и Флавобакте-рина на урожайность и вынос элементов питания ячменем яровым в Вологодской области // Плодородие. 2015. № 5(86). С. 51–55.
9. Суровцев В. Н., Никулина Ю. Н., Жутяева С. А. Сравнительные преимущества производства молока и предпосылки формирования «молочного пояса» России // Экономика сельского хозяйства России. 2016. № 3. С. 21–29.
10. Сырова Д. С., Шапошников А. И., Юзихин О. С., Белимов А. А. Деструкция и трансформация фитогормонов микроорганизмами // Прикладная биохимия и микробиология. 2022. Т. 58, № 1. С. 3–22. DOI: 10.31857/S0555109922010093

11. Danilova T.A., Adzhieva A.A., Danilina G.A., Polyakov N.B., Soloviev A.I., Zhukhovitsky V.G. Antimicrobial Activity of Supernatant of *Lactobacillus plantarum* against Pathogenic Microorganisms // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2019. Vol. 167(6), P. 751–754. DOI: 10.1007/s10517-019-04615-9
12. Gummalla S., Broadbent J.R. Tryptophan catabolism by *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* cheese flavor adjuncts // *Journal of Dairy Science*. 1999. Vol. 82(10), P. 2070–2077. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75448-2
13. Limanska N., Ivanytsia T., Basiul O., Krylova K., Biscola V., Chobert J.-M., Ivanytsia V. O., Haertle T. Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013. Vol. 35(5), P. 1587–1595. DOI: 10.1007/s11738-012-1200-y

References

1. Gosudarstvennyi katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiiskoi Federatsii [State catalog of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation]. Ministerstvo sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii, 2023. T. 1.
2. Kiryushin, V.I. Problema ekologizatsii zemledeliya v Rossii (belgorodskaya model') [The problem of agricultural ecology in Russia (Belgorod model)] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2012. № 12. S. 3–9.
3. Lapitskaya E.A., Petrov V.B., Nikonov I.N., Kryazhevskikh L.A., Laptev G. Yu. Preparat «Biotrof-600» – stimulyator rosta pomidorov [The product “Biotrof-600” is a tomato growth stimulator] // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2008. № (5). S. 42–44.
4. Provorov N.A., Tikhonovich I.A. Sel'skokhozyaistvennaya mikrobiologiya i simbiogenetika: sintez klassicheskikh idei i konstruirovaniye vysokoproduktivnykh agrotsenozov (obzor) [Agricultural microbiology and symbiogenetics: synthesis of classical ideas and design of highly productive agrocenoses (review)] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2022. T. 57, № 5. S. 821–831. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.821rus
5. Rassokhina, I.I. Ispol'zovanie mikroorganizmov kak sredstvo povysheniya produktivnosti i ustoichivosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Use of microorganisms as a means to improve productivity and sustainability of crops] // *Agrozootekhnika*. 2021. T. 4, № 3. S. 1–17. DOI: 10.15838/alt.2021.4.3.2
6. Rzhetskaya V.S., Oturina I.P., Teplitskaya L.M. Izuchenie biologicheskikh svoystv shtammov molochnokisllykh bakterii [Study of the biological properties of lactic acid bacteria strains] // *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*. 2014. № 27(66). S. 145–160.
7. Sumina A.V., Polonskii V.I. Soderzhanie tsennykh veshchestv v zerne yachmenya, vyrashchennogo v kontrastnykh klimaticheskikh usloviyakh [The content of valuable substances in barley grain grown in contrasting climatic conditions] // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2020. T. 50, № 1. S. 23–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-3
8. Surov V.V., Chukhina O.V., Kulikova E.I., Anfimova S.L. Vliyaniye udobrenii i Flavobakterina na urozhainost' i vynos elementov pitaniya yachmenem yarovym v Vologodskoi oblasti [The effect of fertilizers and Flavobacterin on productivity and removal of nutrients by spring barley in the Vologda region] // *Plodorodie*. 2015. № 5(86). S. 51–55.
9. Surovtsev V.N., Nikulina Yu. N., Zhutyayeva S.A. Sravnitel'nye preimushchestva proizvodstva moloka i predposylki formirovaniya «molochnogo poyasa» Rossii [Comparative advantages of milk production and prerequisites for the formation of the “milk belt” in Russia] // *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii*. 2016. № 3. S. 21–29.
10. Syrova D.S., Shaposhnikov A.I., Yuzikhin O.S., Belimov A.A. Destruktsiya i transformatsiya fitogormonov mikroorganizmami [Destruction and transformation of phytohormones by microorganisms] // *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2022. T. 58, № 1. S. 3–22. DOI: 10.31857/S0555109922010093
11. Danilova T.A., Adzhieva A.A., Danilina G.A., Polyakov N.B., Soloviev A.I., Zhukhovitsky V.G. Antimicrobial Activity of Supernatant of *Lactobacillus plantarum* against Pathogenic Microorganisms // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2019. Vol. 167(6). P. 751–754. DOI: 10.1007/s10517-019-04615-9
12. Gummalla S., Broadbent J.R. Tryptophan catabolism by *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* cheese flavor adjuncts // *Journal of Dairy Science*. 1999. Vol. 82(10), P. 2070–2077. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75448-2
13. Limanska N., Ivanytsia T., Basiul O., Krylova K., Biscola V., Chobert J.-M., Ivanytsia V. O., Haertle T. Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013. Vol. 35(5), P. 1587–1595. DOI: 10.1007/s11738-012-1200-y

Поступила: 20.07.23; доработана после рецензирования: 02.08.23; принята к публикации: 04.08.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Рассохина И. И. – подготовка опыта, выполнение исследования, анализ данных, подготовка рукописи; Платонов А. В. – концептуализация исследования, подготовка опыта, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ И ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА ЗЛАТА

М. В. Рублюк, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мониторинга состояния и использования осушаемых земель, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-5319-2614;

Д. А. Иванов, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, профессор, заведующий отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель, volok123@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2588-272X
ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»,
119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2

Исследования проводили в 2010–2022 гг. с целью изучения влияния погодных и ландшафтных условий на урожайность яровой пшеницы (*Triticumaestivum*) в стационарном полевом опыте, расположенном на осушаемой дерново-подзолистой почве в пределах конечно-моренного холма в Тверской области (ВНИИМЗ). Объект осушен закрытым гончарным дренажем. Расстояние между дренами в различных агроландшафтах составляет 40, 30 и 20 м. В опыте расположен зернотравяной севооборот (овес + травы – травы 1–2 г. п – озимая рожь – яровая пшеница). Возделывание культур проводится по экстенсивной технологии. В работе фактором А являются разные по влажности годы, фактором В – тип агроландшафта, фактором С – тип почвы. Изучались влагообеспеченность и температурный режим почвы, урожайность яровой пшеницы в различных агроландшафтах. Установлено, что максимальная урожайность яровой пшеницы сорта Злата была получена в оптимальные для роста и развития растений годы – 2,17 т/га. В сухие годы величина данного показателя снижалась на 49–70 % и на 51–73 % по сравнению с избыточно влажными и оптимальными годами соответственно. Вариабельность урожайности пшеницы повышалась в сухие годы до 26 % и снижалась до 14,5 % в оптимальные и избыточно влажные годы. В среднем за 2010–2022 гг. максимальная урожайность пшеницы (2,25 т/га) была получена в транзитно-аккумулятивном варианте северного склона, ее увеличение составило 0,4 т/га по сравнению со средней по опыту. В разные по влагообеспеченности годы изучалась корреляционная связь урожайности яровой пшеницы с различными почвенными показателями. Прямая корреляционная зависимость урожайности была получена в сухие годы с количеством продуктивной влаги ($r = 0,70$) и с биологической активностью почвы ($r = 0,49$), обратная зависимость получена в избыточно влажные годы с порозностью аэрации ($r = -0,66$) и биологической активностью почвы ($r = -0,55$).

Ключевые слова: яровая пшеница, урожайность, ландшафт, продуктивная влага, погода, порозность аэрации, биологическая активность.

Для цитирования: Рублюк М. В., Иванов Д. А. Влияние погодных и ландшафтных условий на урожайность яровой пшеницы сорта Злата // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 70–77. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-70-77.



THE EFFECT OF WEATHER AND LANDSCAPE CONDITIONS ON PRODUCTIVITY OF THE SPRING WHEAT VARIETY 'ZLATA'

M. V. Rublyuk, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of monitoring the state and use of the drained lands, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-5319-2614;

D. A. Ivanov, Doctor of Agricultural Sciences, correspondent member of the RAS, professor, head of the department of monitoring the state and use of the drained lands, volok123@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2588-272X
FRC "V. V. Dokuchaev Soil Science Institute",
119017, Moscow, Pyzhevsky Lane, 7, building 2

The current study was carried out in 2010–2022 to determine the effect of weather and landscape conditions on productivity of spring wheat (*Triticumaestivum*) in a stationary field trial located on a drained soddy-podzolic soil within a terminal moraine hill in the Tver region (ARRIMS). The object was drained by closed pottery drainage. The distance between drains in different agricultural landscapes was 40, 30 and 20 m. In the trial there was a grain-grass crop rotation (oats+grasses – grasses of 1–2 years – winter rye – spring wheat). The crop cultivation was carried out according to extensive technology. The years of different humidity were factor A; factor B was the type of agromicrolandscape, factor C was the type of soil. There has been studied the moisture supply and temperature regime of the soil, spring wheat productivity in various agricultural landscapes. There has been established that the maximum productivity of the spring wheat variety 'Zlata' (2.17 t/ha) was obtained in the optimal years for the growth and plant development. In dry years, the value of this indicator decreased by 49–70 % and 51–73 % compared with excessively wet and optimal years, respectively. The variability of wheat productivity raised in dry years to 26 % and decreased to 14.5 % in optimal and excessively wet years. During the period of 2010–2022 the maximum wheat productivity (2.25 t/ha) was obtained in the transit-accumulation variant of the northern slope, its increase was 0.4 t/ha compared to the average for the trial. In years of different moisture availability, there was studied a correlation between spring wheat productivity and various soil parameters. There was obtained a direct correlation dependence of productivity in dry years with the amount of productive moisture ($r = 0.70$) and with the biological activity of the soil ($r = 0.49$);

an inverse correlation was obtained in excessively wet years with aeration porosity ($r = -0.66$) and biological activity of the soil ($r = -0.55$).

Keywords: spring wheat, productivity, landscape, productive moisture, weather, aeration porosity, biological activity.

Введение. Яровая пшеница требовательна к плодородию почвы и очень отзывчива на органические и минеральные удобрения. На удобренных полях яровая пшеница хорошо развивает корневую систему, экономнее расходует влагу и поэтому лучше противостоит засухе. Учитывая то, что много площадей, занятых сельскохозяйственными культурами, размещены в зоне рискованного земледелия, зависимость растениеводства от агрометеорологических условий остается очень высокой. Поэтому многие исследователи уделяют особое внимание вопросам стабильности урожаев (Сапега и Турсумбекова, 2020). Изменение метеоусловий за вегетационный период влияет на продолжительность вегетации культур, сроков сева, уборки (Siptits et al., 2021; Евдокимов и др., 2020; Pennacchi et al., 2019). Погода существенно влияет на урожай и качество пшеницы, под ее воздействием может быть усилено или ослаблено влияние удобрений (Волинкина, 2021). При применении возрастающих доз удобрений в разных соотношениях увеличивается урожайность зерна и содержание клейковины (Иванчик и Афанасьев, 2020; Теймуров и др., 2023), применение фосфорных удобрений снижает действие погодных условий на урожай (Лыскова и др., 2021). От среднесуточных температур у зерновых культур зависит прохождение фенологических фаз (от колошения до спелости), а также содержание белка и клейковины (Розова и др., 2021). В комфортных для развития растений условиях увеличивается связь урожайности с продуктивностью кустистостью и массой 1000 зерен, повышается адаптивность сортов яровой мягкой пшеницы к условиям вегетации (Бесалиев, 2023). Ведущим природным фактором при оценке урожайности зерновых культур являются микроклимат и рельеф, который определяется освещенностью мезосклонов (Карасева и др., 2018). Влияние почвенных условий на урожайность растений также во многом зависит от метеорологической обстановки, поэтому выявления ее динамики при изменении погодных условий позволит лучше разобраться в характере продукционного процесса культур.

Цель исследований – изучить влияние погодных условий (влагообеспеченности и температурного режима) и ландшафта на свойства осушаемой почвы и урожайность яровой пшеницы.

Материалы и методы исследований. Изучение влияния погодных условий и ландшафта на урожайность яровой пшеницы (*Triticum aestivum*) проводили в 2010–2022 гг. на агрополигоне Губино ВНИИМЗ, заложенном в 1997 году. В опыте расположен зернотравяной севооборот (овес + травы – травы 1–2 г. п – озимая рожь – яровая пшеница). Возделывание культуры ведется по экстенсивной технологии.

Минеральные удобрения в дозе N_{30} кг д. в. на 1 га применяются лишь на зерновых культурах в подкормку. Другие удобрения не применялись, использовали потенциал естественного плодородия почвы. Возделывали яровую пшеницу сортов Лада и Злата. Площадь посева культуры составляет 1 га. Посев яровой пшеницы проводили зернотравяной сеялкой СЗТ–3,6, уборку – зерноуборочным комбайном Samro. В пределах вершины холма, пологих склонов (южного и северного) и межхолмных депрессий (нижних частей склонов) расположены агромикрорландшафты, которые являются вариантами опыта: 1) Т-Аю – транзитно-аккумулятивный южного склона; 2) Тю – транзитный южного склона; 3) Э-Тю – элювиально-транзитный южного склона; 4) Э-А – элювиально-аккумулятивный (вершина холма); 5) Э-Тс – элювиально-транзитный северного склона; 6) Тс – транзитный северного склона; 7) Т-Ас – транзитно-аккумулятивный северного склона. Почва опытного участка дерново-сильнопodzолистая остаточно-карбонатная глееватая. Гранулометрический состав почвы на южном склоне и на вершине супесчаный, а на склоне северной экспозиции легкосуглинистый. Почвообразующие породы сформированы на основе двучленных отложений. На склоне южной экспозиции морена находится на глубине свыше 1 м, а на северном – 0,5–0,6 м, местами выходит на поверхность. Объект осушен закрытым гончарным дренажем. Расстояние между дренами составляет в элювиальных, транзитных и транзитно-аккумулятивных агроландшафтах 40, 30 и 20 м соответственно.

Изучение плотности почвы проводили буровым, а влажность почвы – термостатно-весовым методом. Биологическую активность почвы определяли методом «аппликаций», срок экспозиции составил 45 суток. Статистическая обработка результатов исследований выполнена корреляционным и дисперсионным методами с использованием компьютерных программ STATGRAPHICS Centurion XVI.ii. (2019) и Excel (2019). В трехфакторном дисперсионном анализе фактором А являются годы исследований – (сухие, оптимальные и избыточно влажные), фактором В – агромикрорландшафты: Т-Аю, Тю, Э-Тю, Э-А, Э-Тс, Тс, Т-Ас; фактором С – тип почвы (глееватая, глеевая).

Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2010–2022 гг. представлены в таблице 1. Сумма температур выше 10°C за вегетационный период различалась по годам и находилась в пределах от 1884 до 2757°C . Максимальное значение по сумме температур за вегетацию отмечалось в 2010 г. – 2757°C . Сумма осадков за вегетационный период составила 208–475 мм, а максимальное количество осадков выпало в 2020 г. – 475 мм.

Таблица 1. Агрометеорологические условия вегетационных периодов (2010–2022 гг.)
Table 1. Agrometeorological conditions of vegetation periods (2010–2022)

Показатели	Годы												
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
$\sum t > 10\text{ }^\circ\text{C}$	2757	2560	2440	2485	2258	2234	2476	1884	2609	2278	2093	2202	1923
\sum осадков, мм	339	420	409	295	222	382	349	360	313	303	475	208	247
ГТК	1,12	1,51	1,47	1,0	0,98	1,67	1,41	1,91	1,14	1,33	2,26	0,96	1,28

За период наблюдений (с 2010 по 2022 г.) значения гидротермического коэффициента (ГТК) изменялись от 0,96 до 2,26. По значениям гидротермического коэффициента определяли сухие, оптимальные и избыточно влажные годы. К сухим годам относятся 2010; 2013; 2014; 2018 и 2021 гг. (ГТК был соответственно 1,12; 1,0; 0,98; 1,14 и 0,96). Оптимальными для роста и развития растений были 2011; 2012; 2016; 2019 и 2022 гг. (ГТК был соответственно 1,51; 1,47; 1,41; 1,33 и 1,28). За период наблюдений

избыточно влажными были 2015; 2017 и 2020 гг. (ГТК был соответственно 1,67; 1,91 и 2,26).

Результаты и их обсуждение. В разные по влагообеспеченности и температурному режиму годы изменяется и водно-воздушный режим почв. Слежение за изменением продуктивной влаги за вегетационный период в слое почвы 0–22 см проводили в сухие, оптимальные и избыточно влажные годы в пределах ландшафта (рис. 1).

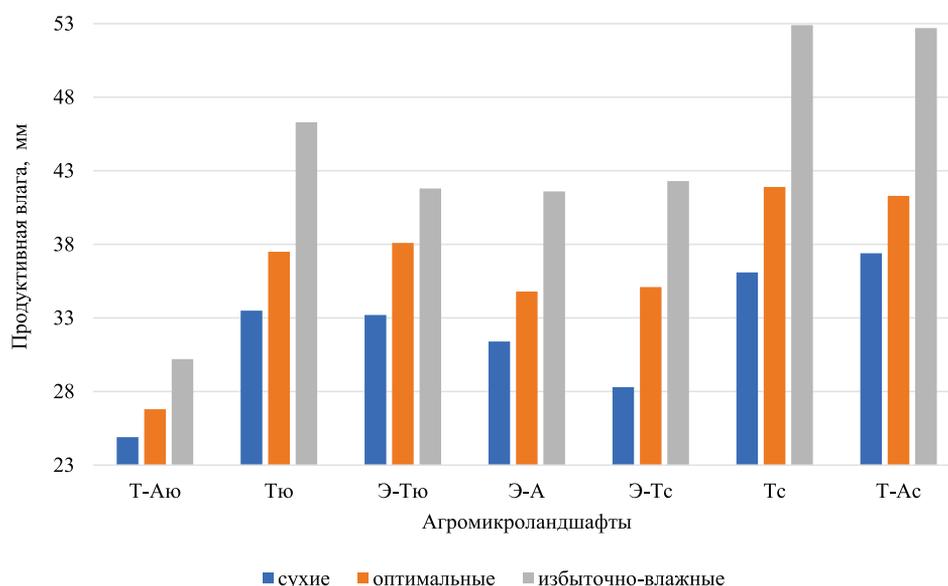


Рис. 1. Изменение продуктивной влаги в слое почвы 0–22 см в зависимости от условий вегетационного периода разных частей агроландшафта за 2010–2022 гг., мм

Fig. 1. Change in productive moisture in the soil layer of 0–22 cm depending on the conditions of the vegetation period in different parts of the agricultural landscape in 2010–2022, mm

В сухие годы при ГТК 0,96–1,1 запасы влаги составили в среднем по агроландшафту 32,1 мм. Наименьшее количество влаги отмечено в нижней части южного склона (в T-Aю) – 24,9 мм. В транзитных вариантах склона северной экспозиции количество влаги возрастало на 12,4–16,5 % по сравнению со средней по опыту. В оптимальные для роста и развития растений годы при ГТК 1,28–1,51 количество влаги в пахотном слое почвы составило в среднем по агроландшафту 37,8 мм. По сравнению с сухими годами увеличение влаги было на 7,8–24,3 %. Максимальное увеличение влаги отмечено в верхней части северного склона (в Э-Tс) – на 6,9 мм. В избыточно влажные годы при ГТК 1,67–2,26 отмечено количество продуктивной влаги в почве в среднем по агроландшафту 43,9 мм. В пределах

агроландшафта количество влаги варьировало от 30,2 до 52,9 мм. Максимальное количество продуктивной влаги содержалось в почве транзитного варианта северного склона, ее увеличение характеризовалось 25 % по сравнению со средней по опыту. В избыточно влажные годы возрастание продуктивной влаги в пахотном слое почвы составило 12,6–28 % и 21,2–46,5 % по сравнению с оптимальными и сухими годами соответственно. В среднем за 2010–2022 гг. количество продуктивной влаги за период вегетации в агроландшафте находилось в пределах от 27,2 до 43,8 мм. Наиболее низкое ее значение было в транзитно-аккумулятивном варианте южного склона, а снижение составило 10,3 мм. В транзитных вариантах северного склона отмечено максимальное увеличение продуктивной влаги в пахотном слое

почвы на 6,1–6,3 мм по сравнению со средней по опыту. Дисперсионный анализ полученных данных показал достоверно значимые различия по количеству продуктивной влаги в пахотном слое почвы: для частных различий HCP_{05} составила 8,5, для фактора А – 2,3, для фактора В – 5,5. Различия по фактору С (почвы глееватые и глеевые) недостоверны.

Таким образом, в разные по влагообеспеченности годы – сухие, оптимальные, избыточно влажные количество продуктивной влаги в пахотном слое почвы составило в среднем за вегетационный период 32,1; 37,8 и 43,9 мм соответственно. Наименьшее количество продуктивной влаги сохранялось в нижней части южного склона – в Т-Аю и было 24,9; 26,8 и 30,2 мм

в сухие, оптимальные и избыточно влажные годы соответственно. На варианте северного склона – в Т-Ас запас продуктивной влаги был максимальным – 32,1; 37,8 и 43,9 мм по исследуемым годам соответственно. В оптимальные по влагообеспеченности годы превышение продуктивной влаги в пахотном слое почвы по сравнению с сухими наблюдалось на 7,8–24,3 %. В избыточно влажные годы увеличение продуктивной влаги в пахотном слое почвы по сравнению с оптимальными и сухими было соответственно 12,6–28 % и 21,2–46,5 %. Влияние погодных и ландшафтных условий на порозность аэрации в слое почвы 0–22 см показано на рисунке 2.

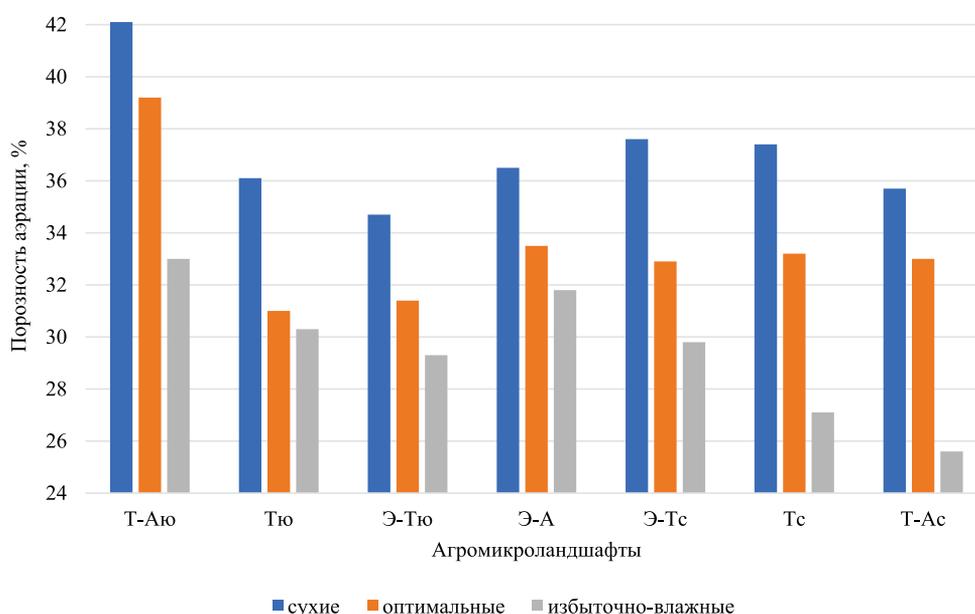


Рис. 2. Изменение порозности аэрации в слое почвы 0–22 см в зависимости от условий вегетационного периода и агроландшафта за 2010–2022 гг., %

Fig. 2. Change in aeration porosity in the soil layer of 0–22 cm depending on the conditions of the vegetation period and agrolandscape in 2010–2022, %

Наши исследования показали, что в сухие годы порозность аэрации пахотного слоя почвы была максимально высокой – 34,7–42,1 %. Максимальное ее увеличение (на 5 %) отмечено на южном склоне (в Т-Аю) по сравнению со средней по опыту. В оптимальные для роста и развития растений годы порозность аэрации снижалась и в среднем по опыту была 33,4 %. Минимальное значение данного показателя отмечено на южном склоне (в Э-Тю и Тю) – 31,1–31,0 %. По сравнению с сухими годами порозность аэрации снижалась на 2,7–5,1 %. Максимальное ее снижение наблюдалось в транзитном варианте южного склона – на 5,1 %. В избыточно влажные годы порозность аэрации была низкой на всех вариантах опыта – 25,6–33,0 %. Она снижалась на северном склоне и увеличивалась в транзитах южного склона. По сравнению со сред-

ней по опыту, максимальное ее снижение (на 3,9 %) выявлено в нижней части северного склона (в Т-Акс). Порозность аэрации пахотного слоя почвы в избыточно влажные годы была ниже по сравнению с оптимальными и сухими годами на 0,7–7,4 и 4,7–10,3 % соответственно. Максимальное снижение данного показателя было в транзитных вариантах северного склона и составило 6,1–7,4 и 10,1–10,3 % в оптимальные и сухие годы соответственно. По значениям порозности аэрации почвы получены достоверные различия между вариантами – $HCP_{05} = 4,63$; по фактору А – 1,24, по фактору В – 1,89. В среднем за 2010–2022 гг. порозность аэрации в пределах агроландшафта (фактор В) составила 31,4–38,1 %. Максимальное значение данного показателя отмечено на южном склоне (в Т-Аю). Его повышение было 4,8 % по сравнению со средним по агроландшафту.

Наименьший показатель порозности аэрации (31,4 %) зафиксирован в транзитно-аккумулятивном варианте северного склона.

Таким образом, порозность аэрации в слое почвы 0–22 см была максимальной в сухие годы и снижалась в оптимальные и избыточно влажные. В среднем по опыту она характеризовалась 37,1, 33,4 и 29,5 % соответственно. Порозность аэрации пахотного слоя почвы в избыточно влажные годы была ниже по сравнению с опти-

мальными и сухими на 0,7–7,4 и 4,7–10,3 % соответственно. Максимальное снижение данного показателя установлено в транзитных вариантах северного склона – 6,1–7,4 и 10,1–10,3 % в оптимальные и сухие годы соответственно.

Биологическая активность почвы под посевом яровой пшеницы изменялась в зависимости от условий вегетационного периода и агроландшафта (табл. 2).

Таблица 2. Изменение биологической активности почвы под посевом яровой пшеницы в зависимости от условий вегетационного периода и агроландшафта за 2010–2022 гг., %
Table 2. Change in the biological soil activity under spring wheat sowing, depending on the conditions of the vegetation period and agrolandscape in 2010–2022, %

Варианты опыта	Годы			Среднее по фактору В
	сухие	оптимальные	избыточно влажные	
Т-Аю	48,2	74,2	83,3	68,5
Тю	43,1	82,4	76,6	67,3
Э-Тю	42,2	93,3	73,6	69,3
Э-А	36,8	90,5	78,4	68,5
Э-Тс	39,3	85,7	80,0	68,3
Тс	49,9	81,2	83,2	71,4
Т-Ас	55,8	75,6	72,6	68,0
Среднее по фактору А	45,0	83,2	78,2	68,8

$HCP_{05} = 12,5$; для фактора А = 3,3; различия по фактору В недостоверны

В сухие годы биологическая активность почвы находилась в пределах от 39,8 до 55,8 %. Наиболее низкий процент разложения льняного полотна был в элювиальных микроландшафтах и характеризовался 39,3 и 36,3 % в Э-Тс и Э-А соответственно. В оптимальные для роста и развития растений годы наблюдалось максимальное разложение льняного полотна и в среднем по опыту было 83,2 %. В элювиальных ландшафтах (в Э-А и Э-Тю) величина данного показателя максимально повышалась – на 7,3 и 10,1 % соответственно. В нижних частях склонов (в Т-Ас и Т-Аю) биоактивность почвы снижалась на 7,6 и 9,0 % соответственно. По другим вариантам зарегистрированы отклонения в пределах 0,8–2,5 %. В избыточно влажные годы биологическая активность почвы варьировала от 72,6 до 83,3 %. Увеличение ее в оптимальные для роста и развития растений годы по сравнению с избыточно влажными и сухими составило 2,0–16,9 и 19,8–53,7 % соответственно. В избыточно влажные годы биологическая активность почвы под посевом яровой пшеницы была высокой на всех вариантах опыта – 73,6–83,3 %. Максимальный ее рост отмечен в Тс и в Т-А (на 4,8 и 4,9 % соответственно) по сравнению с средней по опыту. В избыточно влажные годы по сравнению с су-

хими отмечалось повышение биологической активности почвы на 16,8–41,6%. В среднем за 2010–2022 гг. биологическая активность почвы под посевом яровой пшеницы находилась в пределах от 67,3 до 71,4 %. Различия между вариантами были недостоверны, отклонения составили 0,3–4,1%.

Таким образом, биологическая активность почвы под посевом яровой пшеницы в сухие, оптимальные и избыточно влажные годы составила в среднем по агроландшафту 45, 85,2 и 78,2 % соответственно. Максимальные ее значения были получены в оптимальные для роста и развития растений годы. Усиление биологической активности почвы в оптимальные для роста и развития растений годы по сравнению с избыточно влажными и сухими являлось соответственно 2,0–16,9 и 19,8–53,7 %. В избыточно влажные годы по сравнению с сухими биологическая активность почвы повышалась на 16,8–41,6 %.

Яровую пшеницу сорта Злата возделывали в зернотравяном экстенсивном севообороте с применением низкой дозы азотных удобрений (N_{30} кг на 1 га д. в. в подкормку). В таблице 3 представлена урожайность яровой пшеницы в зависимости от условий года и агроландшафта.

Таблица 3. Изменение урожайности яровой пшеницы в зависимости от условий вегетационного периода и агроландшафта за 2010–2022 гг., т/га
Table 3. Change in the spring wheat productivity, depending on the conditions of the vegetation period and agrolandscape in 2010–2022, t/ha

Варианты опыта	Годы			Среднее по фактору В
	сухие	оптимальные	избыточно влажные	
Т-Аю	0,89	1,73	1,56	1,39
Тю	1,15	2,23	2,09	1,82

Продолжение табл. 3

Варианты опыта	Годы			Среднее по фактору В
	сухие	оптимальные	избыточно влажные	
Э-Тю	1,07	2,15	2,18	1,80
Э-А	1,26	2,20	2,23	1,80
Э-Тс	1,23	2,11	1,94	1,76
Тс	1,77	2,35	2,27	2,13
Т-Ас	1,67	2,42	2,37	2,25
Среднее по фактору А	1,29	2,17	2,09	1,85
НСР ₀₅ = 0,81; фактора А = 0,21; фактора В = 0,33				

В сухие годы урожайность зерна была низкой и находилась в пределах от 0,89 до 1,77 т/га. На всех вариантах южного склона наблюдалась максимально низкая урожайность (1,15–0,89 т/га). Ее снижение составило 12–44 % по сравнению со средней по опыту. В транзитных вариантах северного склона величина данного показателя повышалась на 29,4–37,2 % по сравнению со средним по опыту. По другим вариантам этот показатель находился в пределах среднего по опыту – 1,23–1,26 т/га. В оптимальные для роста и развития растений годы урожайность яровой пшеницы была максимальной и в среднем по опыту характеризовалась 2,17 т/га. В пределах ландшафта этот показатель варьировал от 1,73 до 2,42 т/га. Величина данного показателя была максимальной в нижней части северного склона (в Т-Ас), ее увеличение по сравнению со средней было 0,25 т/га. В аналогичном варианте южного склона урожайность яровой пшеницы максимально снижалась – на 0,44 т/га по сравнению со средней по опыту. В избыточно влажные годы урожайность пшеницы варьировала от 1,56 до 2,37 т/га. Максимальная урожайность была получена в транзитно-аккумулятивном варианте северного склона, получено ее увеличение 0,28 т/га. В избыточно влажные годы урожайность яровой пшеницы повышалась на 49–70 % по сравнению с сухими и незначительно снижалась (на 1,4–10,8 %) по сравнению с оптимальными годами.

В среднем за 2010–2022 гг. урожайность зерна яровой пшеницы по агроландшафту составила 1,39–2,25 т/га. По урожайности пшеницы отмечена тенденция ее повышения в транзитных вариантах северного склона и снижения в нижней части южного склона. Увеличение урожайности в Тс и Т-Ас было 0,28 и 0,40 т/га соответственно по сравнению со средней по опыту. Установлено снижение урожайности в Т-Аю 0,26 т/га. По другим вариантам значения урожайности пшеницы находились в пределах средней по опыту – 1,76–1,82 т/га. По урожайности яровой пшеницы получены достоверные различия между вариантами – НСР₀₅ = 0,81; для фактора А (годы исследований) – 0,21; для фактора В (агромикрорландшафты) – 0,33; Различия по фактору С (почвы глееватые и глеевые) недостоверны.

Таким образом, урожайность зерна яровой пшеницы сорта Злата в сухие, оптимальные и избыточно влажные годы в среднем

по агроландшафту характеризовалась значениями 1,29; 2,17 и 2,09 т/га соответственно. Максимальная урожайность пшеницы была получена в оптимальные для роста и развития растений годы, ее увеличение составило 1,4–10,8 и 51–73 % по сравнению с избыточно влажными и сухими годами соответственно. В сухие годы урожайность яровой пшеницы снижалась на 49–70 % по сравнению с избыточно влажными. Вариабельность урожайности яровой пшеницы повышалась в сухие годы и снижалась в оптимальные и избыточно влажные и составила соответственно 26 и 14,5 %. Была получена корреляционная связь урожайности пшеницы с количеством продуктивной влаги и биологической активностью почвы – прямая в сухие годы ($r = 0,7$ и $r = 0,49$ соответственно) и обратная с порозностью аэрации ($r = -0,66$) и биологической активностью почвы ($r = -0,55$) – в избыточно влажные годы.

Выводы. Погодные условия и ландшафт оказали влияние на свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность яровой пшеницы.

1. В разные по влагообеспеченности годы: сухие, оптимальные, избыточно влажные количество продуктивной влаги в пахотном слое почвы составило в среднем за вегетационный период 32,1; 37,8 и 43,9 мм соответственно. В сухие годы отмечалось снижение продуктивной влаги по сравнению с оптимальными и избыточно влажными на 7,8–24,3 и 21,2–46,5 % соответственно. Максимальное снижение величины данного показателя получено в нижней части южного склона (в Т-Аю) – на 7,2; 11,0; 13,7 % – в сухие, оптимальные и избыточно влажные годы соответственно.

2. Порозность аэрации в слое почвы 0–22 см была максимальной в сухие годы (37,1 %) и снижалась в оптимальные и избыточно влажные до 33,4 и 29,5 соответственно. В избыточно влажные годы величина данного показателя была ниже по сравнению с оптимальными и сухими на 0,7–7,4 и 4,7–10,3 % соответственно. Максимальное снижение порозности аэрации было в транзитных вариантах северного склона и составило 6,1–7,4 и 10,1–10,3 % в оптимальные и сухие годы соответственно.

3. Биологическая активность почвы под посевом яровой пшеницы в сухие, оптимальные и избыточно влажные годы характеризовалась в среднем по агроландшафту 45; 85,2 и 78,2 % соответственно. Максимальные ее значения были получены в оптимальные

для роста и развития растений годы. Рост величины данного показателя по сравнению с избыточно влажными и сухими составил соответственно 2,0–16,9 и 19,8–53,7 %. В сухие годы отмечено снижение биологической активности на 16,8–41,6 % по сравнению с избыточно влажными.

4. Урожайность зерна яровой пшеницы сорта Злата в сухие, оптимальные и избыточно влажные годы составила в среднем по агроландшафту 1,29; 2,17 и 2,09 т/га соответственно. Максимальная урожайность пшеницы была получена в оптимальные для роста и развития растений годы, ее увеличение составило 1,4–10,8 и 51–73 % по сравнению с избыточно влажными и сухими годами соответственно. В сухие годы величина данного показателя снижалась на 49–70 % по сравнению с избыточно влажными. В среднем за 2010–2022 гг. макси-

мальная урожайность пшеницы (2,25 т/га) была получена в транзитно-аккумулятивном варианте северного склона, ее увеличение было 0,4 т/га по сравнению со средней по опыту. В сухие годы возростала вариабельность урожайности пшеницы до 26 % и снижалась до 14,5 % в оптимальные и избыточно влажные годы.

5. В разные по влагообеспеченности годы установлена корреляционная связь урожайности яровой пшеницы с различными почвенными показателями. Прямая корреляционная зависимость урожайности была получена в сухие годы с количеством продуктивной влаги ($r = 0,70$) и с биологической активностью почвы ($r = 0,49$), обратная зависимость получена в избыточно влажные годы с порозностью аэрации ($r = -0,66$) и биологической активностью почвы ($r = -0,55$).

Библиографические ссылки

1. Бесалиев И. Н. Оценка адаптивности яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургской области // Земледелие. 2023. № 1. С. 32–36. DOI: 10.24412/0044.3913.2023.1.32-36
2. Волынкина О. В. Система удобрений и качество зерна яровой пшеницы при бессменном возделывании на стерневом фоне // Плодородие. 2021. № 1(118). С. 3–7. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.01
3. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Пахотина И. В. Зависимость урожайности и качества зерна твердой яровой пшеницы от метеорологических факторов в южной лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31
4. Иванчик В. А., Афанасьев Р. А. Продуктивность яровой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья под влиянием минеральных удобрений // Плодородие. 2020. № 2. С. 20–23. DOI: 10.26680/S19948603.2020.113.06
5. Карасева О. В., Иванов Д. А., Рублюк М. В., Анциферова О. Н. Мониторинг продуктивности культур зернотравяного севооборота на осушаемых землях // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 7(73). С. 64–68. DOI: 10.23670/IRI.2018.73.78.012
6. Лыскова И. В., Суховеева О. З., Лыскова Т. В. Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 2. С. 244–253. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253
7. Розова М. А., Зиборов А. И., Етиязарян Е. Е. Связь температурных показателей периода вегетации с основными агрономическими значимыми характеристиками сортов яровой твердой пшеницы на Алтае // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 9–15. DOI: 10.31857/S2500262721050021
8. Теймуров С. А., Казиев М.-Р. А., Багомаев А. А. Влияние азотных подкормок на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на лугово-каштановой почве // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 2 (67). С. 152–160. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-152-160
9. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21, № 2. С. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123
10. Pennacchi J., Carmo-Silva E., Andralojc P., Lawson T., Allen A., Raines C., Parry M. Stability of wheat grain yields over three field seasons in the UK // Food Energy Secur. 2019. Vol. 8(2), Article number: e00147. DOI: 10.1002/fes3.147
11. Siptits S. O., Romanenko I. A., Evdokimova N. E. Model estimates of climate impact on grain and leguminous crops yield in the regions of Russia // Studies on Russian Economic Development. 2021. Vol. 32, № 2. С. 169–176. DOI: 10.1134/S1075700721020040

References

1. Besaliev I. N. Otsenka adaptivnosti yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Orenburgskoi oblasti [Estimation of the adaptability of spring common wheat in the conditions of the Orenburg region] // Zemledelie. 2023. № 1. S. 32–36. DOI: 10.24412/0044.3913.2023.1.32-36
2. Volynkina O. V. Sistema udobrenii i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy pri bessmennom vzdelyvanii na stervevom fone [Fertilizer system and grain quality of spring wheat during permanent cultivation on a stubble background] // Plodorodie. 2021. № 1(118). S. 3–7. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.01
3. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Pakhotina I. V. Zavisimost' urozhainosti i kachestva zerna tverdoi yarovoi pshenitsy ot meteorologicheskikh faktorov v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Dependence of productivity and grain quality of spring durum wheat on meteorological factors in the southern forest-steppe of Western Siberia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 5(71). S. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31
4. Ivanchik V. A., Afanas'ev R. A. Produktivnost' yarovoi pshenitsy v usloviyakh tsentral'nogo Nечernozem'ya pod vliyaniem mineral'nykh udobrenii [Productivity of spring wheat in the conditions

of the Central Non-Blackearth region under the influence of mineral fertilizers] // Plodorodie. 2020. № 2. S. 20–23. DOI: 10.26680/S19948603.2020.113.06

5. Karaseva O.V., Ivanov D.A., Rublyuk M.V., Antsiferova O.N. Monitoring produktivnosti kul'tur zernotravyanogo sevooborota na osushaemykh zemlyakh [Monitoring the productivity of crops of grain-grass crop rotation on drained lands] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2018. № 7(73). S. 64–68. DOI: 10/23670/IRI.2018.73.78.012

6. Lyskova I.V., Sukhoveeva O.Z., Lyskova T.V. Vliyanie lokal'nogo izmeneniya klimata na produktivnost' yarovykh zernovykh kul'tur v usloviyakh Kirovskoi oblasti [The effect of local climate change on productivity of spring grain crops in the conditions of the Kirov region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021. T. 22, № 2. S. 244–253. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253

7. Rozova M.A., Ziborov A.I., Etiyazaryan E.E. Svyaz' temperaturnykh pokazatelei perioda vegetatsii s osnovnymi agronomicheskimi znachimymi kharakteristikami sortov yarovoi tverdoi pshenitsy na Altae [Correlation of temperature indicators of vegetation period with the main agronomically significant characteristics of spring durum wheat varieties in Altai] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2021. № 5. S. 9–15. DOI: 10.31857/S2500262721050021

8. Teimurov S.A., Kaziev M.-R. A., Bagomaev A.A. Vliyanie azotnykh podkormok na urozhainost' i kachestvo zerna ozimoi pshenitsy na lugovo-kashtanovoi pochve [The effect of nitrogen fertilization on productivity and grain quality of winter wheat on meadow-chestnut soil] // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2023. T. 18, № 2 (67). S. 152–160. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-152-160

9. Sapega V.A., Tursumbekova G. Sh. Urozhainost', ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov yarovoi myagkoi i tverdoi pshenitsy v yuzhnoi lesostepi Tyumenskoii oblasti [Productivity, ecological adaptability, and stability of spring common and durum wheat varieties in the southern forest-steppe of the Tyumen region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. T. 21, № 2. S. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123

10. Pennacchi J., Carmo-Silva E., Andralojc P., Lawson T., Allen A., Raines C., Parry M. Stability of wheat grain yields over three field seasons in the UK // Food Energy Secur. 2019. Vol. 8(2), Article number: e00147. DOI: 10.1002/fes3.147

11. Siptits S.O., Romanenko I.A., Evdokimova N.E. Model estimates of climate impact on grain and leguminous crops yield in the regions of Russia // Studies on Russian Economic Development. 2021. Vol. 32, № 2. S. 169–176. DOI: 10.1134/S1075700721020040

Поступила: 01.06.23; доработана после рецензирования: 04.08.23; принята к публикации: 10.08.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Рублюк М. В. – концептуализация исследования, выполнение полевых опытов, сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка рукописи; Иванов Д. А. – концептуализация исследования, руководство выполнением полевых опытов, анализ данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДРОБНОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ ПОДКОРМОК И НОРМ ВЫСЕВА

С. А. Бахвалова, научный сотрудник, селекционно-технологического центра по картофелю, svetlanabahvalova5@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5559-3817;

Г. Б. Демьянова-Рой, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник селекционно-технологического центра по картофелю, gdemyan@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7564-0788;

А. В. Федорова, старший научный сотрудник селекционно-технологического центра по картофелю, ORCID ID: 0000-0002-9201-552X

Костромской научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», 156543, г. Кострома, с. Минское, ул. Куколевского, д. 18

Исследования проводили в 2019–2022 гг. в условиях Костромской области на дерново-подзолистых почвах со средней степенью окультуренности с постановкой полевого опыта в трех повторениях. Цель исследований состояла в том, чтобы оценить влияние разных доз азотных подкормок, внесенных в критические фазы развития растений, на урожайность и качество зерна озимой пшеницы при нормах высева 2, 4 и 6 млн всхожих зерен на 1 га. Изучали 5 сортов озимой пшеницы отечественной селекции – Московская 39 (сорт-стандарт), Московская 40, Московская 56, Немчиновская 57 и Немчиновская 85. Применяемая в опыте агротехника соответствовала зональной для Костромской области. В результате исследований установлено варьирование урожайности по сортам от 2,9 до 3,7 т/га. Наибольшая урожайность была сформирована на сорте Московская 56 с применением тройной дозы азота при норме высева 6 млн всхожих зерен на 1 га, что достоверно превышало контрольный вариант на 0,5 т/га. Оценено влияние доз азотных подкормок на технологические показатели и мукомольные свойства зерна озимой пшеницы. Установлено, что по высокому содержанию сырого белка (17,44–19,41 %), количеству клейковины (28,16–35,80 %) и стекловидности (65,9–74,6 %) выделяется сорт Московская 40. Также отмечена высокая стекловидность зерна сорта Немчиновская 57 (62,5–75,0 %). Наибольшей массой 1000 зерен (42,0–45,2 г) характеризуется сорт Московская 56. На протяжении трех лет исследований доказана устойчивая реакция изучаемых сортов на повышение урожайности и улучшение качественных показателей в результате применения доз азотных подкормок на посевах озимой пшеницы.

Ключевые слова: озимая пшеница, подкормки аммиачной селитрой, нормы высева, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б., Федорова А. В. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от дробного внесения азотных подкормок и норм высева // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 78–84. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-78-84.



PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT VARIETIES DEPENDING ON THE FRACTIONAL NITROGEN TOP DRESSINGS AND SEEDING RATES

S. A. Bakhvalova, researcher potato selection and technology center, svetlanabahvalova5@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5559-3817;

G. B. Demyanova-Roy, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher potato selection and technology center, gdemyan@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7564-0788;

A. V. Fedorova, senior researcher potato selection and technology center, ORCID ID: 0000-0002-9201-552X

Kostroma Research Institute of Agriculture, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Russian Potato Research Center named after A. G. Lorkh”, 156543, Kostroma region, v. of Minskoe, Kukolevsky Str., 18

The study was carried out in the Kostroma region on soddy-podzolic soils with an average degree of cultivation in 2019–2022, with three repetitions of a field trial. The purpose of the study was to estimate the effect of different doses of nitrogen top dressings applied at critical phases of plant development on productivity and grain quality of winter wheat at seeding rates of 2, 4, and 6 million germinating kernels per hectare. There have been studied 5 winter wheat varieties of domestic breeding, such as ‘Moskovskaya 39’ (a standard variety), ‘Moskovskaya 40’, ‘Moskovskaya 56’, ‘Nemchinovskaya 57’ and ‘Nemchinovskaya 85’. The used agrotechnology corresponds to the zonal one in the Kostroma region. As a result of the study there has been identified a productivity variation from 2.9 to 3.7 t/ha depending on a variety. The largest productivity was formed by the variety ‘Moskovskaya 56’ with the use of a triple dose of nitrogen at a seeding rate of 6 million germinating kernels per hectare, which significantly exceeded the control variant on 0.5 t/ha. There has been estimated an influence of doses of nitrogen top dressings on technological parameters and flour properties of winter wheat grain. There has been found that the high content of crude protein (17.44–19.41 %), gluten (28.16–35.80 %) and hardness (65.9–74.6 %) was demonstrated by the variety ‘Moskovskaya 40’. There has been also established a large hardness of the variety ‘Nemchinovskaya 57’ (62.5–75.0 %). The lar-

gest 1000-grain weight (42.0–45.2 g) has been found in the variety 'Moskovskaya 56'. Through three years of the study, there has been proved a stable response of the studied varieties to the improvement of productivity and n qualitative indicators as a result of the use of doses of nitrogen top dressings for winter wheat crops.

Keywords: winter wheat, ammonium nitrate top dressing, seeding rates, productivity, grain quality.

Введение. Важная задача сельского хозяйства – увеличение производства высококачественного зерна (Мельник и Фомочкин, 2014; Мимоткин и Овчинников, 2023). В мировой практике считается, что около 50 % реализуемого урожая обеспечивает технология, а 50 % – сорт, и только сочетание этих двух компонентов, выражающееся в разработке современных сортовых технологий, позволяет обеспечить прирост сборов качественного зерна (Петров и Саков, 2020; Петров и др., 2020; Сандухадзе и др., 2021).

В многочисленных литературных источниках показано, что разные сорта растений в силу генетических детерминированных признаков и свойств способны по-разному поглощать и использовать элементы питания удобрений и почвы (Сандухадзе и др., 2020; Хлесткина и др., 2017). Большое влияние на урожай и качество зерна почти на всех типах почв оказывают азотные удобрения (Федорова и др., 2022). Потребность в азоте особенно велика в Центральном районе Нечерноземной зоны, почвы которого характеризуются низким содержанием гумуса (Сандухадзе, 2016).

Цель исследований – оценить урожайность и качественные показатели зерна озимой пшеницы в связи с разными дозами азотных подкормок и норм высева в условиях Костромской области.

Материалы и методы исследований. Исследовательскую работу проводили в 2019–2022 гг. на опытном поле Костромского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха». Объектами исследу-

ований были 5 сортов озимой пшеницы – Московская 39 (является сортом-стандартом), Московская 40, Московская 56, Немчиновская 57 и Немчиновская 85, созданные под руководством академика РАН, доктора с.-х. наук Баграта Исменовича Сандухадзе.

Изучали 2 фактора: фактор А – дробное внесение азотной подкормки однократно в фазу кущения в дозе 30 кг/га по д.в., двукратно в фазы кущения в дозе 30 кг/га по д.в. и выхода в трубку – 30 кг/га по д.в., трехкратно в фазы кущения в дозе 30 кг/га по д.в., выхода в трубку в дозе 30 кг/га по д.в. и колошения в дозе 30 кг/га по д.в. Фактор В – нормы высева (2, 4 и 6 млн всхожих семян на 1 га). Вариант с двойной дозой азота при норме высева 4 млн всхожих семян на 1 га принят в исследованиях в качестве контроля. Общая площадь делянки (2 x 6 м) – 12 м², учетная – 10 м². Опыт был заложен в трехкратной повторности с систематическим размещением делянок. Сроки посева озимой пшеницы соответствовали первой декаде сентября. При выращивании сортовой озимой пшеницы применяли стандартную для Костромской области технологию выращивания с применением сеялки СЗ-3,6, разбрасывателя РУМ-5 и зерноуборочного комбайна Terrion SR 2010.

Почва опытного участка дерново-подзолистая с содержанием гумуса 1,31 % (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) 212 и 95 мг/кг почвы соответственно, рН КСl (потенциометрически) – 4,7. Предшественником озимой пшеницы был чистый пар. Схема опыта приведена в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Scheme of the trial

Варианты	Нормы высева		
	2 млн всх.семян на 1 га	4 млн всх.семян на 1 га	6 млн всх.семян на 1 га
Вариант 1 (фон)	N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀ весной в фазу кущения		
Вариант 2	Фон + N ₃₀ в фазу выхода в трубку		
Вариант 3	Фон + N ₃₀ в фазу выхода в трубку + N ₃₀ в фазу колошения		

Учеты, наблюдения и отбор растений проводили по методике Госкомиссии (1985). Дисперсионный анализ проводили по стандартной схеме с использованием статистического пакета STATISTICA EXCEL.

Климат области умеренный континентальный с холодной зимой и теплым летом. Продолжительность вегетационного периода составляет 110–140 дней при сумме эффективных температур от 1600 до 1900 °С. За год выпадает осадков от 530 до 600 мм. В годы исследований (2019–2022 гг.) температура воздуха превышала среднемноголетние значения или была на уровне. В 2020 г. был наиболее благоприятным для роста и развития пшени-

цы, так как температура воздуха была близка к норме, количество выпавших осадков составило 122 % от среднемноголетних значений (73 мм). Погодные условия 2021 и 2022 гг. были несколько схожими. Так, температура воздуха превышала среднемноголетние значения на 1,9–3,7 °С, дефицит осадков от 47 до 23 % по годам соответственно. Такое распределение осадков и температуры отразилось на урожайности и качестве зерна озимой пшеницы.

Результаты и их обсуждение. По содержанию сырого белка в зерне сорт-стандарт Московская 39 по всем вариантам опыта отнесен к сильным пшеницам и является отличным улучшителем зерна других сортов. Содержание

его в зерне на контрольном варианте составляло 16,8 % с максимальной прибавкой на 2,4 % при трехкратной азотной подкормке с нормой высева 2 млн всхожих семян на 1 га (табл. 2). Количество клейковины в зерне при двойной и тройной дозах азота с каждой нормой высева

показало значительную прибавку – на 1,2–2,8 % и 2,4–5,4 % соответственно в сравнении с контролем. По стекловидности зерна озимая пшеница сорта Московская 39 за три года исследований проявила себя как сильная и наиболее ценная по качеству.

Таблица 2. Качественные показатели и урожайность зерна озимой пшеницы сорта Московская 39 (2019–2022 гг.)

Table 2. Qualitative indicators and grain productivity of the winter wheat variety 'Moskovskaya 39' (2019–2022)

Варианты		Мукомольные свойства			Технологические показатели		Урожайность, т/га
дозы азотных подкормок	нормы высева, млн всхожих семян/га	содержание сырого белка, %	количество клейковины, %	стекловидность, %	масса 1000 зерен, г	натура зерна, г/л	
фон	2	17,07	30,67	67,0	38,3	797	2,9
	4	16,78	29,94	62,3	38,4	795	3,1
	6	16,89	28,43	56,9	37,5	803	3,1
фон + N ₃₀	2	17,03	32,71	71,0	40,4	793	3,1
	4	17,61	31,94	69,5	40,8	799	3,3
	6	16,92	31,13	64,0	40,5	797	3,3
фон + N ₃₀ + N ₃₀	2	19,24	35,30	73,4	41,2	797	3,4
	4	17,89	32,81	62,0	41,5	801	3,3
	6	17,98	32,28	62,2	40,8	803	3,4
HCP _{0,5}		0,68	1,15	2,81	0,91	5,61	0,12
HCP _{0,5} (фактор А)		0,23	0,38	0,60	0,53	2,20	0,04
HCP _{0,5} (фактор В)		0,39	0,66	1,78	0,27	3,53	0,08
HCP ₀₅ (взаимодействия АВ)		0,74	1,27	3,31	1,26	3,95	0,15

*Примечание. * – в этой и последующих таблицах жирным шрифтом выделены показатели, достоверно превышающие контрольный вариант по опыту.*

Масса 1000 зерен по сорту озимой пшеницы Московская 39 составила от 37,5 до 41,5 г со значительной прибавкой на вариантах с двукратной (2,0–2,4 г) и трехкратной (2,4–3,1 г) азотными подкормками при всех нормах высева. Наименьшее значение ее отмечено на варианте с однократной азотной подкормкой при норме высева 6 млн всхожих зерен/га, а наибольшее – при тройной дозе азота с нормой высева 4 млн всхожих зерен/га.

Показатели натуры зерна по данному сорту превышают базисный показатель по области (730 г/л) на 63–73 г/л. Значительная прибавка отмечена на вариантах с однократной подкормкой аммиачной селитрой при норме высева

6 млн всхожих зерен/га и с трехкратной азотной подкормкой при нормах высева 4 и 6 млн зерен/га.

Урожайность зерна озимой пшеницы изменялась от 2,9 до 3,4 т/га. Отмечаем, что с увеличением доз азотных подкормок по фазам роста и развития растений она повышается на 6–9 % при двойной и тройной дозах азота с нормами высева 4 и 6 млн всхожих семян/га.

Мукомольные свойства зерна сорта озимой пшеницы Московская 40 по оценке классификационных норм Госкомиссии по качеству позволяют отнести его к сильным пшеницам, улучшителям муки для сортов слабых пшениц (табл. 3).

Таблица 3. Качественные показатели и урожайность зерна озимой пшеницы сорта Московская 40 (2019–2022 гг.)

Table 3. Qualitative indicators and grain productivity of the winter wheat variety 'Moskovskaya 40' (2019–2022)

Варианты		Мукомольные свойства			Технологические показатели		Урожайность, т/га
дозы азотных подкормок	нормы высева, млн всхожих семян/га	содержание сырого белка, %	количество клейковины, %	стекловидность, %	масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	
фон	2	17,81	30,69	66,5	40,5	777	2,9
	4	18,43	31,16	71,3	40,1	780	3,1
	6	17,44	28,16	65,9	39,6	789	3,1
фон + N ₃₀	2	17,72	34,23	72,5	42,1	784	3,1
	4	18,27	33,25	74,6	42,2	791	3,3
	6	17,97	30,40	69,0	41,4	794	3,3

Продолжение табл. 3

Варианты		Мукомольные свойства			Технологические показатели		Урожайность, т/га
дозы азотных подкормок	нормы высева, млн всхожих семян/га	содержание сырого белка, %	количество клейковины, %	стекло-видность, %	масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	
фон + N ₃₀ + N ₃₀	2	19,19	34,44	76,5	42,8	777	3,2
	4	19,41	35,80	74,4	43,2	787	3,4
	6	18,53	34,01	71,5	42,8	791	3,4
НСР _{0,5}		0,72	0,96	2,77	1,44	5,36	0,19
НСР _{0,5} (фактор А)		0,26	0,32	0,59	0,54	2,12	0,07
НСР _{0,5} (фактор В)		0,41	0,55	1,75	0,83	3,40	0,11
НСР ₀₅ (взаимодействия АВ)		0,87	1,14	3,10	1,73	6,05	0,25

Масса 1000 зерен сорта Московская 40 выше стандартного сорта и имеет достоверные превышения на 5 % при двойной дозе азота с нормой высева 4 млн всхожих зерен/га и при тройной дозе азота, включающей фазы кущения, выхода в трубку и колошения, со всеми нормами высева на 6–7 %. Натура зерна на лучших вариантах опыта с двойной и тройной дозами азота при нормах высева 4 и 6 млн всхожих зерен/га подтверждает высокие мукомольные свойства этого сорта.

Урожайность зерна озимой пшеницы сорта Московская 40 находится в пределах от 2,9 до 3,4 т/га, достоверно превышая показатели контроля на 0,1–0,3 т/га при трехкратной подкормке с каждой нормой высева и при двукратной с нормами высева 4 и 6 млн всхожих зерен/га.

Зерно сорта пшеницы Московская 56 имеет высокое содержание сырого белка – выше 16 %, являясь отличным улучшителем других сортов (табл. 4).

По стекловидности зерно этого сорта также относится к сильным пшеницам, превышая показатель 60 % по классификационным нормам качества зерна, кроме однократной подкормки аммиачной селитрой при норме высева 6 млн всхожих зерен/га.

Содержание клейковины в зерне колеблется от 27,54 до 34,46 % и достоверно высокое на вариантах при двойной дозе азота с нормой высева 4 млн зерен/га и при тройной подкормке аммиачной селитрой со всеми нормами высева.

Таблица 4. Качественные показатели и урожайность зерна озимой пшеницы сорта Московская 56 (2019–2022 гг.)

Table 4. Qualitative indicators and grain productivity of the winter wheat variety 'Moskovskaya 56' (2019–2022)

Варианты		Мукомольные свойства			Технологические показатели		Урожайность, т/га
дозы азотных подкормок	нормы высева, млн всхожих семян/га	содержание сырого белка, %	количество клейковины, %	стекло-видность, %	масса 1000 зерен, г	натура зерна, г/л	
фон	2	16,77	31,08	66,0	42,3	807	3,1
	4	17,10	30,14	62,7	42,1	780	3,3
	6	16,30	27,54	54,9	42,0	796	3,3
фон + N ₃₀	2	17,21	32,29	65,1	42,5	793	3,4
	4	17,70	34,46	70,4	44,3	799	3,6
	6	16,32	29,06	73,0	44,0	801	3,6
фон + N ₃₀ + N ₃₀	2	18,46	33,07	72,5	42,6	788	3,4
	4	18,74	33,47	66,6	45,2	780	3,7
	6	17,92	33,85	71,2	44,6	790	3,7
НСР _{0,5}		0,56	1,79	2,91	1,34	4,46	0,09
НСР _{0,5} (фактор А)		0,19	0,60	0,97	0,51	1,82	0,03
НСР _{0,5} (фактор В)		0,33	1,03	1,68	0,77	2,88	0,05
НСР ₀₅ (взаимодействия АВ)		0,62	1,96	3,17	1,65	5,50	0,13

Сорт Московская 56 по массе 1000 зерен превышает стандартный сорт на 3,7–4,5 г. Натура зерна его имеет высокие показатели, превышая контроль по всем вариантам на 7–27 г/л, кро-

ме применения тройной дозы азота при норме высева 4 млн всхожих зерен/га.

Урожайность по сорту Московская 56 в среднем за три года исследований дости-

гает 3,7 т/га, что составляет 122 % к контролю сорта-стандарта. Эта величина максимальная по опыту. Стоит отметить, что при разреженной норме высева посева сорта Московская 56 не показали возможности формирования высокой урожайности.

В наших исследованиях содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы сор-

та Немчиновская 57 находится в пределах от 15,9 до 18,2 %, это говорит о том, что она проявила себя как сильная пшеница (табл. 5). Зерно этого сорта также имеет высокие показатели стекловидности и содержания клейковины в нем. Влияние азотных подкормок на анализируемые показатели отражают те же закономерности, что и по сорту Московская 39.

Таблица 5. Качественные показатели и урожайность зерна озимой пшеницы сорта Немчиновская 57 (2019–2022 гг.)

Table 5. Qualitative indicators and grain productivity of the winter wheat variety 'Nemchinovskaya 57' (2019–2022)

Варианты		Мукомольные свойства			Технологические показатели		Урожайность, т/га
дозы азотных подкормок	нормы высева, млн всхожих семян/га	содержание сырого белка, %	количество клейковины, %	стекловидность, %	масса 1000 зерен, г	натура зерна, г/л	
фон	2	15,85	30,08	66,4	41,4	790	3,0
	4	16,55	29,02	64,5	41,3	790	3,2
	6	15,96	28,91	62,5	39,5	812	3,2
фон + N ₃₀	2	16,49	30,42	68,3	42,6	798	3,2
	4	16,57	30,29	74,0	42,9	798	3,4
	6	16,23	28,12	71,8	41,3	804	3,4
фон + N ₃₀ + N ₃₀	2	18,18	35,14	75,0	43,2	796	3,4
	4	17,27	33,77	72,8	43,4	793	3,6
	6	17,57	32,00	73,3	42,9	801	3,6
НСР _{0,5}		0,66	1,00	2,51	1,00	5,09	0,14
НСР _{0,5} (фактор А)		0,22	0,33	0,17	0,58	1,36	0,03
НСР _{0,5} (фактор В)		0,38	0,58	1,03	0,29	2,09	0,05
НСР ₀₅ (взаимодействия АВ)		0,81	1,15	2,94	1,18	5,87	0,35

Масса 1000 зерен по сорту Немчиновская 57, как видно из таблицы, находится в пределах от 39,5 до 43,4 г и имеет достоверные превышения на вариантах при двойной дозе азота с нормами высева 2 и 4 млн всхожих зерен/га и при тройной дозе азота с каждой нормой высева. Высокие показатели натуры зерна отмечены на всех вариантах опыта, исключение составили варианты с однократной азотной подкормкой при норме высева 2 млн всхожих зерен/га и с трехкратной азотной подкормкой при норме высева 4 млн всхожих зерен/га.

По урожайности зерна озимой пшеницы сорта Немчиновская 57 значительная прибавка получена на вариантах с двойной дозой азота при нормах высева 4 и 6 млн всхожих зерен/га и с тройной дозой азота при каждой норме высева. Максимальная урожайность по данному сорту отмечена на варианте с трехкратной подкормкой аммиачной селитрой при норме высева 6 млн зерен/га и составила 3,6 т/га.

Сорт Немчиновская 85 по содержанию белка в зерне и его стекловидности относится к сильным пшеницам и может служить отличным улучшителем (табл. 6).

Таблица 6. Качественные показатели и урожайность зерна озимой пшеницы сорта Немчиновская 85 (2019–2022 гг.)

Table 6. Qualitative indicators and grain productivity of the winter wheat variety 'Nemchinovskaya 85' (2019–2022)

Варианты		Мукомольные свойства			Технологические показатели		Урожайность, т/га
дозы азотных подкормок	нормы высева, млн всхожих семян/га	содержание сырого белка, %	количество клейковины, %	стекловидность, %	масса 1000 зерен, г	натура зерна, г/л	
фон	2	16,50	31,03	64,4	39,7	783	3,1
	4	16,79	31,61	67,2	40,2	792	3,2
	6	16,80	29,39	66,6	40,3	796	3,2
фон + N ₃₀	2	16,83	30,06	65,8	41,1	779	3,2
	4	17,31	31,59	69,6	42,1	795	3,4
	6	17,09	29,75	71,4	42,2	797	3,5

Продолжение табл. 6

Варианты		Мукомольные свойства			Технологические показатели		Урожайность, т/га
дозы азотных подкормок	нормы высева, млн всхожих семян/га	содержание сырого белка, %	количество клейковины, %	стекловидность, %	масса 1000 зерен, г	натура зерна, г/л	
фон + N ₃₀ + N ₃₀	2	19,18	32,20	71,9	42,0	790	3,3
	4	19,00	33,96	72,4	43,5	795	3,6
	6	18,69	33,66	72,0	42,7	795	3,6
НСР _{0,5}		0,41	1,50	2,30	0,58	5,78	0,14
НСР _{0,5} (фактор А)		0,14	0,50	0,77	0,22	1,59	0,05
НСР _{0,5} (фактор В)		0,24	0,87	1,06	0,34	2,03	0,08
НСР ₀₅ (взаимодействия АВ)		0,71	1,68	2,44	0,73	6,44	0,37

Содержание клейковины находится в пределах от 29,4 до 33,9 %, что соответствует описанию оригинатора сорта. Достоверная прибавка по этому показателю отмечена на вариантах с тройной дозой азота при нормах высева 4 и 6 млн зерен/га.

Масса 1000 зерен по сорту Немчиновская 85 имеет достоверные превышения контроля на вариантах с двойной и тройной дозой азота при нормах высева 4 и 6 млн всхожих зерен/га. С повышением азотной подкормки на посевах сорта Немчиновская 85 не отмечена тенденция повышения натурности зерна, что было характерно для исследуемых в опыте сортов.

Наибольшая урожайность по данному сорту отмечена на тех же вариантах, что и по предыдущим сортам, и достигла 3,6 т/га.

Выводы. Применение азота в качестве подкормки с дозой N₃₀ в фазы кущения, выхода в трубку и колошения сортов озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах Центрального

района Нечерноземной зоны способствует повышению урожая пшеницы по группе изучаемых сортов. Стабильно высокие показатели урожайности, достоверно превышающие контроль, получены на вариантах опыта с применением двойной дозы азота при нормах высева 4 и 6 млн зерен/га и тройной дозы азота при всех нормах высева у сортов Московская 40, Московская 56 и Немчиновская 57. Сорта Московская 39 и Немчиновская 85 имеют постоянную значительную прибавку по опыту на вариантах с двойной и тройной дозами азота при нормах высева 4 и 6 млн всхожих зерен/га.

По оценкам качества зерна в соответствии с классификационными нормами Госкомиссии, применяемыми для характеристики сортов пшеницы, отмечены высокие показатели, достоверно превышающие контроль по всем сортам на вариантах опыта с трехкратной азотной подкормкой при разных нормах высева.

Библиографические ссылки

1. Мельник А. Ф., Фомочкин В. А. Об элементах агротехники, продуктивности и качестве зерна у озимой пшеницы в условиях Орловской области // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 1. С. 122–124.
2. Мимоткин В. А., Овчинников В. А. Повышение урожайности качества зерна озимой пшеницы за счет применения инновационных удобрений и сельхозмашин // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33, № 1. С. 52–67. DOI: 10.15507/2658.4123.033.202301.052-067
3. Петров Л. К., Саков А. П. Влияние приемов технологии возделывания на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в Нижегородской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 2(374). С. 81–84. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-12037
4. Сандухадзе Б. И. Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 9. С. 15–18.
5. Петров Л. К., Бугрова В. В., Крахмалева М. С., Мамедов Р. З. Особенности генотипа сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Нечерноземной зоны РФ // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 8–11. DOI: 10.31857/S2500262720050026
6. Сандухадзе Б. И., Кузьмин М. А., Бугрова В. В., Мамедов Р. З., Крахмалева М. С., Кузьмин А. С. Реализация потенциала продуктивности и качества сортов озимой пшеницы на разных уровнях азотного питания // Агротехнический вестник. 2020. № 5. С. 23–27. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10063
7. Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Афанасьев Р. А., Коваленко А. А., Шатохин А. Ю. Факторы урожайности озимой пшеницы в условиях Нечерноземья // Плодородие. 2021. № 3(120). С. 66–70. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.12
8. Федорова А. В., Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Плодородие. 2022. № 5(128). С. 30–32. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.08
9. Хлесткина Е. К., Журавлева Е. В., Пшеничникова Т. А., Усенко Н. И., Морозова Е. В., Осипова С. В., Пермьякова М. Д., Афонников Д. А., Отмахова Ю. С. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 3. С. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiology/2017.3.501rus

References

1. Mel'nik A. F., Fomochkin V.A. Ob elementakh agrotekhniki, produktivnosti i kachestve zerna u ozimoi pshenitsy v usloviyakh Orlovskoi oblasti [On the elements of agricultural technology, productivity, and quality of winter wheat grain in the conditions of the Oryol region] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2014. № 1. S. 122–124.
2. Mimitkin V.A., Ovchinnikov V.A. Povyshenie urozhainosti kachestva zerna ozimoi pshenitsy za schet primeneniya innovatsionnykh udobrenii i sel'khoz mashin [Improving productivity and quality of winter wheat grain through the use of innovative fertilizers and agricultural machinery] // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. 2023. T. 33, № 1. S. 52–67. DOI: 10.15507/2658.4123.033.202301.052-067
3. Petrov L. K., Sakov A. P. Vliyanie priemov tekhnologii vzdelyvaniya na urozhainost' i kachestvo zerna sortov ozimoi pshenitsy v Nizhegorodskoi oblasti [The effect of cultivation technologies on productivity and grain quality of winter wheat varieties in the Nizhny Novgorod region] // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2020. № 2(374). S. 81–84. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-12037
4. Sandukhadze B.I. Razvitiye i rezul'taty selektsii ozimoi pshenitsy v tsentre Nechernozem'ya [Development and results of winter wheat breeding in the center of the Non-Blackearth Region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30, № 9. S. 15–18.
5. Petrov L. K., Bugrova V. V., Krakhmaleva M. S., Mamedov R. Z. Osobennosti genotipa sortov ozimoi pshenitsy, vzdelyvaemykh v usloviyakh Nechernozemnoi zony RF [Features of the genotype of winter wheat varieties cultivated in the conditions of the Non-Blackearth Region of the Russian Federation] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2020. № 5. S. 8–11. DOI: 10.31857/S2500262720050026
6. Sandukhadze B.I., Kuz'min M. A., Bugrova V.V., Mamedov R.Z., Krakhmaleva M.S., Kuz'min A.S. Realizatsiya potentsiala produktivnosti i kachestva sortov ozimoi pshenitsy na raznykh urovnyakh azotnogo pitaniya [Realization of the potential of productivity and quality of winter wheat varieties at different levels of nitrogen nutrition] // Agrokhimicheskii vestnik. 2020. № 5. S. 23–27. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10063
7. Sandukhadze B.I., Mamedov R.Z., Afanas'ev R. A., Kovalenko A.A., Shatokhin A.Yu. Faktory urozhainosti ozimoi pshenitsy v usloviyakh Nechernozem'ya [Factors of winter wheat productivity in the conditions of the Non-Blackearth Region] // Plodorodie. 2021. № 3(120). S. 66–70. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.12
8. Fedorova A. V., Bakhvalova S.A., Dem'yanova-Roi G. B. Vliyanie azotnykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo zerna ozimoi pshenitsy [Effect of nitrogen fertilizers on productivity and grain quality of winter wheat] // Plodorodie. 2022. № 5(128). S. 30–32. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.08
9. Khlestkina E.K., Zhuravleva E.V., Pshenichnikova T.A., Usenko N.I., Morozova E.V., Osipova S.V., Permyakova M.D., Afonnikov D.A., Otmakhova Yu. S. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala sortov myagkoi pshenitsy pod vliyaniem uslovii vneshnei sredy: sovremennyye vozmozhnosti uluchsheniya kachestva zerna i khlebopekarnoi produktsii [Realization of the genetic potential of common wheat varieties under the effect of environmental conditions: modern opportunities for improving the quality of grain and bakery products] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2017. T. 52, № 3. S. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiology/2017.3.501rus

Поступила: 20.07.23; доработана после рецензирования: 02.08.23; принята к публикации: 04.08.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б., Федорова А. В. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗИМУЮЩЕГО ГОРОХА В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. А. Васильченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых и пропашных культур, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

Г. В. Метлина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых и пропашных культур, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

А. Р. Ашиев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В статье представлены результаты научных исследований по изучению влияния сроков посева, норм высева на элементы зерновой продуктивности и урожайность зерна зимующего гороха. Полевые опыты были проведены в течение 2019–2021 годов. Объектами исследований являлись сорт зимующего гороха Фокус, Фаэтон и Зимус. Цель исследований – изучение влияния сроков посева и норм высева на урожайность зимующего гороха в условиях южной зоны Ростовской области. Сроки посева и нормы высева оказали влияние на элементы структуры урожайности и урожайность зерна зимующего гороха. Так, у сорта Фокус масса семян с растения находилась в пределах 2,53–4,02 г, у сорта Фаэтон – 2,31–2,67 г, у сорта Зимус – 2,62–4,49 г. Масса 1000 семян находилась в пределах 125,6–154,1 г у сорта Фокус, 130,1–157,6 г у сорта Фаэтон, 146,2–155,9 г у сорта Зимус. Максимальная урожайность у сорта Фокус отмечалась при норме высева 1,4 млн шт. всх. семян/га, во втором и третьем сроках посева – 2,24 и 2,23 т/га соответственно. В первом сроке посева максимальная урожайность отмечалась при норме высева 1,8 млн шт. всх. семян/га. У сорта Фаэтон в первом сроке посева максимальная урожайность отмечалась при норме высева 1,2 млн шт. всх. семян/га – 1,97 т/га, во втором сроке посева при норме высева 1,4 млн шт. всх. семян/га урожайность составила 1,93 т/га, в третьем сроке посева наибольшая урожайность отмечалась при норме высева 1,2 млн шт. всх. семян/га – 1,81 т/га. У сорта Зимус максимальная урожайность отмечалась при норме высева 1,4 млн шт. всх. семян/га – 1,86 т/га в первом сроке посева, 2,18 т/га – во втором сроке, 1,96 т/га – в третьем сроке посева.

Ключевые слова: зимующий горох, срок посева, норма высева, урожайность, структура урожайности.

Для цитирования: 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.



THE EFFECT OF SOWING DATES AND SEEDING RATES ON PRODUCTIVITY OF WINTERING PEAS IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION

S. A. Vasilchenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain and row crops, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

G. V. Metlina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain and row crops, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

A. R. Ashiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for legumes breeding and seed production, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The current paper has presented the study results on the effect of sowing dates and seeding rates on productivity of wintering peas. Field trials were carried out during 2019–2021. The objects of research were the wintering pea variety 'Fokus', 'Faeton' and 'Zimus'. The purpose of the study was to estimate the effect of sowing dates and seeding rates on productivity of wintering peas in the conditions of the southern part of the Rostov region. Sowing dates and seeding rates have influenced the elements of the yield structure and grain productivity of wintering peas. The weight of seeds per plant of the variety 'Fokus' ranged from 2.53 to 4.02 g; for the variety 'Faeton' it was 2.31–2.67 g, and 2.62–4.49 g for the variety 'Zimus'. 1000-seed weight was in the range of 125.6–154.1 g for the variety 'Fokus', 130.1–157.6 g for the variety 'Faeton', 146.2–155.9 g for the variety 'Zimus'. The maximum productivity of the variety 'Fokus' was established at a seeding rate of 1.4 million germ. seeds per ha, in the second and third terms of sowing it was 2.24 and 2.23 t/ha, respectively. In the first sowing period, the maximum productivity was established at a seeding rate of 1.8 million germ. seeds per ha. In the first sowing period the variety 'Faeton' demonstrated the maximum productivity (1.97 t/ha) at a seeding rate of 1.2 million germ. seeds per ha; in the second sowing period the yield was 1.93 t/ha

at a seeding rate of 1.4 million germ. seeds per ha; in the third sowing period the largest productivity (1.81 t/ha) was established at a seeding rate of 1.2 million germ. seeds per ha. The variety 'Zimus' gave the maximum productivity of 1.86 t/ha at a seeding rate of 1.4 million germ. seeds per ha in the first sowing period, 2.18 t/ha in the second sowing period, 1.96 t/ha in the third sowing period.

Keywords: wintering peas, sowing time, seeding rate, productivity, yield structure.

Введение. Горох – распространенная культура в мировом земледелии и имеет широкое применение: пищевое, кормовое, на зеленый корм, а также эта культура в севообороте способствует повышению плодородия почвы и является фактором биологической интенсификации растениеводства (Брежнева и Брежнев, 2016).

По данным зарубежных и отечественных ученых, в связи с изменением климата актуальными являются осенние посевы гороха, обеспечивающие более высокую урожайность по сравнению с весенними посевами (Ileri et al., 2021; Das et al., 2021; Ашиев и др., 2020).

Важным элементом в технологии возделывания озимых сельскохозяйственных культур является срок посева, поскольку он определяет возможность семян дружно прорасти и дать полноценные всходы, а также за счет развития всходов перед зимой обеспечить повышение урожайности (Попов и др., 2022; Ren et al., 2019).

Также немаловажное значение в повышении урожайности имеет норма высева семян. По данным Федерального Ростовского аграрного научного центра, с увеличением нормы высева гороха с 0,8 до 1,2 млн шт./га отмечалось повышение урожайности зерна на 0,30 т/га (Вошедский и Кулыгин, 2022).

Цель исследований – изучение влияния сроков посева и норм высева на урожайность зимующего гороха в условиях южной зоны Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Научные исследования проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской в 2019–2021 годах. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,36 %, рН – 7,0, P₂O₅ – 24,4; K₂O – 360 мг/кг почвы. Исследования проводили на раннеспелых сортах зимующего гороха Зимус, Фокус, Фаэтон. Предшественник – озимая пшеница.

В технологии возделывания зимующего гороха предусматривались двойное дискование стерни озимой пшеницы, затем вспашка с оборотом пласта на глубину 20–22 см и предпосевная культивация. Сев опытных делянок

осуществляли селекционной сеялкой СС-11 «Альфа».

Повторность опыта – четырехкратная, учетная площадь делянки – 20 м², расположение делянок систематическое. Глубина заделки семян – 7–8 см. Уборку проводили комбайном Wintersteiger Classic.

Научные исследования были проведены на сортах зимующего гороха с усатым типом листа Зимус (включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2016 году), Фокус (включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2015 года) и с листочковым типом листа Фаэтон (включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 1995 года), патентообладателем и оригинатором которых является ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

Достоверность опытных данных определяли по НСР₀₅ для частных различий, статистическую обработку осуществляли по методике Б.А. Доспехова (2014) с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2007, AgStat.

Схема опыта

Срок посева:

- 1) 1-я декада октября;
- 2) 2-я декада октября;
- 3) 3-я декада октября.

Нормы высева:

- 1) 1,0 млн шт. всх. семян/га;
- 2) 1,2 млн шт. всх. семян/га;
- 3) 1,4 млн шт. всх. семян/га;
- 4) 1,6 млн шт. всх. семян/га;
- 5) 1,8 млн шт. всх. семян/га.

Так как предшественником зимующего гороха являлась озимая пшеница, то применяли гербицид Фюзилад Форте, КЭ в дозе 1 л/га для уничтожения растений озимой пшеницы весной после возобновления весенней вегетации.

Семена перед посевом обрабатывали протравителем семян Максим, КС в дозе 1,5 л/т семян.

При оценке гидротермических условий за период от посева до уборки зимующего гороха можно отметить недостаток атмосферных осадков в осенний период (табл. 1).

Таблица 1. Осадки за период октябрь – июль (средняя за 2019–2021 гг.)
Table 1. Precipitation in October – July (mean in 2019–2021)

Месяц	Осадки (среднее за 2 года), мм		Среднегодовое значение нормы осадков, мм	
	за месяц	за период	за месяц	за период
Октябрь	17,9	158,20*	38,7	234,8*
Ноябрь	11,4		50,5	
Декабрь	18,4		63,3	
Январь	51,9		45,0	
Февраль	58,6		37,3	

Продолжение табл. 1

Месяц	Осадки (среднее за 2 года), мм		Среднегодовое количество осадков, мм	
	за месяц	за период	за месяц	за период
Март	41,6	284,90**	37,0	260,0**
Апрель	57,0		42,7	
Май	72,2		51,3	
Июнь	71,4		71,3	
Июль	42,7		57,7	
Сумма	–	443,1	–	494,8

Примечание. * – октябрь–февраль, ** – март–июль.

В среднем за годы исследований сумма осадков за октябрь – февраль значительно уступала (–76,6 мм) среднегодовому количеству (234,8 мм). Таким образом, отмечалось неравномерное появление всходов растений зимующего гороха.

В период с марта по июль сумма атмосферных осадков была выше среднегодового

нормы (260,0 мм) на 24,9 мм, что благоприятно отразилось на развитии растений в весенне-летний период.

Среднесуточная температура воздуха в период октябрь – февраль значительно превышала среднегодовую норму (табл. 2).

Таблица 2. Среднесуточная температура воздуха за период октябрь – июль (средняя за 2019–2021 гг.)
Table 2. Average daily air temperature in October – July (mean in 2019–2021)

Месяц	Среднесуточная температура воздуха (среднее за 2 года), °С		Среднегодовое количество осадков, мм	
	за месяц	за период	за месяц	за период
Октябрь	13,9	3,7*	9,4	0,9*
Ноябрь	4,2		3,3	
Декабрь	0,2		–1,2	
Январь	0,5		–3,8	
Февраль	–0,1		–3	
Март	4,8	16,1**	2	14,6**
Апрель	10,5		10,7	
Май	16,7		16,5	
Июнь	22,3		20,5	
Июль	26,2		23,1	
Средняя	–	9,9	–	7,8

Примечание. * – октябрь–февраль, ** – март–июль.

В среднем за годы исследований в периоды с октября по февраль и с марта по июль отмечалось превышение среднесуточной температуры воздуха на 2,8 и 1,5 °С соответственно по сравнению со среднегодовой нормой.

Результаты и их обсуждение. Выживаемость растений к уборке была наиболее высокой в третьем сроке посева и находилась в пределах от 84,3 до 34,7 % соответственно при нормах высева 1,0 и 1,8 млн шт. всх. семян/га.

Наименьшая выживаемость растений к уборке отмечалась в первом сроке посева и находилась в пределах от 62,9 до 27,7 % соответственно при нормах высева 1,0 и 1,8 млн шт.

всх. семян/га. Более высокая выживаемость при низкой норме высева связана с тем, что на посевной площади находится меньше растений и им требовалось меньше продуктивной влаги для роста и развития, и, наоборот, при высокой норме высева обостряется конкуренция, в результате чего растения испытывают недостаток продуктивной влаги и питательных веществ.

При норме высева 1,0 млн шт. всх. семян/га отмечалось наименьшее количество семян с растения. С увеличением нормы высева отмечалось увеличение количества семян с растения (табл. 3).

Таблица 3. Влияние сроков посева и норм высева на элементы структуры урожайности зимующего гороха сорта Фокус (среднее за 2020–2021 гг.)
Table 3. The effect of sowing dates and seeding rates on the yield structure elements of the wintering pea variety 'Fokus' (mean in 2020–2021)

Срок посева (фактор А)	Норма высева, млн шт. всх. семян/га (фактор В)	Густота стояния растений к уборке, шт./м ²	Количество семян с растения, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
1	1,0	62,9	19,7	2,53	138,8
	1,2	55,7	20,5	2,88	140,5

Продолжение табл. 3

Срок посева (фактор А)	Норма высева, млн шт. всх. семян/га (фактор В)	Густота стояния растений к уборке, шт./м ²	Количество семян с растения, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
	1,4	54,7	21,7	3,07	141,6
	1,6	53,5	24,0	3,36	140,2
	1,8	49,8	28,1	4,02	142,8
2	1,0	81,3	22,1	2,56	125,6
	1,2	77,9	24,8	3,11	131,1
	1,4	68,3	25,2	3,44	134,1
	1,6	59,1	25,6	3,49	140,8
	1,8	57,2	27,0	3,62	136,4
3	1,0	84,3	22,5	2,76	132,3
	1,2	69,8	24,6	3,45	139,8
	1,4	66,5	25,1	3,49	145,4
	1,6	60,1	25,4	3,70	154,1
	1,8	62,4	26,6	3,87	142,0
Среднее		64,2	24,2	3,29	135,7
НСР ₀₅		4,1	8,22	1,58	9,0
НСР ₀₅ фактор А		2,4	4,12	0,79	4,5
НСР ₀₅ фактор В		1,8	–	–	6,4
НСР ₀₅ фактор АВ		–	–	–	3,2

Примечание. «–» – $F\phi < Fm$.

Во втором и третьем сроках посева наблюдалась похожая тенденция.

Масса семян с растения была минимальной в первом сроке посева при норме высева 1,0 млн шт. всх. семян/га. С увеличением нормы высева она возрастала. Максимальная масса семян с растения отмечалась при норме высева 1,8 млн шт. всх. семян/га. Масса 1000 семян находилась в пределах от 138,8 до 142,8 г в первом сроке посева, от 125,6 до 140,8 г – во втором сроке посева и от 132,3 до 154,1 г – в третьем сроке посева.

При проведении корреляционного анализа урожайности с густотой стояния растений перед уборкой и элементами структуры урожайности было выявлено средняя положительная корреляционная связь с густотой стояния растений ($r = 0,57$) и массой семян ($r = 0,43$),

а также средняя отрицательная корреляционная связь с количеством семян на растении ($r = -0,51$) и массой 1000 семян ($r = -0,51$).

Выживаемость растений сорта Фаэтон к уборке составляла 89,9–45,8 % в первом сроке посева, 87,8–49,4 % – во втором сроке посева, 90,6–44,4 % – в третьем сроке посева. Также отмечалась тенденция, при которой максимальная выживаемость отмечалась при норме высева 1,0 млн шт. всх. семян/га, а минимальная – при норме высева 1,8 млн шт. всх. семян/га.

У сорта Фаэтон количество семян с растения находилось в пределах от 15,2 шт. при норме высева 1,0 млн шт. всх. семян/га в первом сроке посева до 21,8 шт. во втором сроке посева при норме высева 1,6 млн шт. всх. семян/га (табл. 4).

Таблица 4. Влияние сроков посева и норм высева на элементы структуры урожайности зимующего гороха сорта Фаэтон (среднее за 2020–2021 гг.)
Table 4. The effect of sowing dates and seeding rates on the yield structure elements of the wintering pea variety 'Faeton' (mean in 2020–2021)

Срок посева (фактор А)	Норма высева, млн шт. всх. семян/га (фактор В)	Густота стояния растений к уборке, шт./м ²	Количество семян с растения, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
1	1,0	89,9	15,2	2,31	146,1
	1,2	101,1	15,6	2,36	149,0
	1,4	99,0	15,8	2,46	149,4
	1,6	74,9	16,5	2,47	155,6
	1,8	82,5	16,3	2,49	157,6
2	1,0	87,8	17,6	2,54	136,7
	1,2	101,2	18,9	2,59	140,2
	1,4	101,5	19,1	2,63	148,4
	1,6	89,2	19,5	2,61	150,1
	1,8	89,0	19,6	2,67	153,8
3	1,0	90,6	18,1	2,48	130,1
	1,2	100,0	19,1	2,50	138,8
	1,4	103,5	20,0	2,56	148,0

Продолжение табл. 4

Срок посева (фактор А)	Норма высева, млн шт. всх. семян/га (фактор В)	Густота стояния растений к уборке, шт./м ²	Количество семян с растения, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
	1,6	79,3	20,4	2,58	148,9
	1,8	79,9	21,8	2,63	149,5
Среднее		91,3	18,2	2,53	147,5
НСР ₀₅		4,1	11,04	1,02	11,8
НСР ₀₅ фактор А		2,4	5,54	0,51	5,9
НСР ₀₅ фактор В		1,8	–	0,72	8,4
НСР ₀₅ фактор АВ		–	3,92	0,36	4,2

Примечание. «–» – $F\phi < Fm$.

Фаэтон – сорт с листочковым типом листа зерноукосного направления использования. Основная продукция – зеленая масса. И поэтому он формирует меньшее количество семян на растении в сравнении с сортами с усатым типом листа.

Масса семян с растения изменялась в широком диапазоне от 2,31 г при норме высева 1,0 млн шт. всх. семян/га в первом сроке посева до 2,67 г при норме высева 1,8 млн шт. всх. семян/га во втором сроке посева.

Масса 1000 семян находилась в пределах от 130,1 г в третьем сроке посева при норме высева 1,0 млн шт. всх. семян/га до 157,6 г в первом сроке посева при норме высева 1,8 млн шт. всх. семян/га.

Корреляционный анализ выявил среднюю положительную связь урожайности с густо-

той стояния растений ($r = 0,65$). С элементами зерновой продуктивности отмечалась отрицательная корреляционная связь с количеством семян ($r = -0,22$), массой семян ($r = -0,37$), массой 1000 семян ($r = -0,16$).

Выживаемость растений сорта Зимус к уборке составляла 62,3–24,8; 82,4–33,7; 70,7–29,9 % соответственно в первом, втором и третьем сроках посева. Отмечалось снижение выживаемости растений зимующего гороха к уборке при увеличении нормы высева семян.

У сорта Зимус количество семян с растения находилось в пределах от 17,4 шт. во втором сроке посева при норме высева 1,0 млн шт. всх. семян до 31,8 шт. в первом сроке посева при норме высева 1,8 млн шт. всх. семян/га (табл. 5).

Таблица 5. Влияние сроков посева и норм высева на элементы структуры урожайности зимующего гороха сорта Зимус (среднее за 2020–2021 гг.)
Table 5. The effect of sowing dates and seeding rates on the yield structure elements of the wintering pea variety 'Zimus' (mean in 2020–2021)

Срок посева (фактор А)	Норма высева, млн шт. всх. семян/га (фактор В)	Густота стояния растений к уборке, шт./м ²	Количество семян с растения, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
1	1,0	62,3	19,8	3,08	150,1
	1,2	63,5	21,1	3,23	151,8
	1,4	59,4	23,3	3,54	153,3
	1,6	62,7	25,5	3,83	154,5
	1,8	44,6	31,8	4,49	155,9
2	1,0	82,4	17,4	2,62	148,0
	1,2	76,8	20,6	3,09	149,9
	1,4	63,6	22,6	3,68	150,9
	1,6	60,1	25,2	3,91	153,1
	1,8	60,6	27,5	4,07	155,1
3	1,0	70,7	23,8	3,00	146,2
	1,2	72,3	23,6	3,04	147,6
	1,4	65,1	24,7	3,34	147,9
	1,6	64,7	26,1	3,49	149,0
	1,8	53,8	28,5	3,65	153,7
Среднее		64,2	23,5	3,7	155,0
НСР ₀₅		4,1	4,26	0,80	19,4
НСР ₀₅ фактор А		2,4	2,14	0,40	9,7
НСР ₀₅ фактор В		1,9	3,02	0,56	–
НСР ₀₅ фактор АВ		–	1,51	0,28	–

Примечание. «–» – $F\phi < Fm$.

Масса семян с растения находилась в пределах от 2,62 г во втором сроке посева при норме высева 1,0 млн шт. всх. семян/га до 4,49 г в первом сроке посева при норме высева 1,8 млн шт. всх. семян/га.

Масса 1000 семян находилась в пределах от 146,2 г в третьем сроке посева при норме высева 1,0 млн шт. всх. семян/га до 155,9 г во втором сроке посева при норме высева 1,8 млн шт. всх. семян/га.

Корреляционный анализ выявил среднюю положительную связь урожайности с массой семян ($r = 0,43$). С густотой стояния ($r = 0,14$), количеством семян с растения ($r = 0,17$) и массой 1000 семян ($r = 0,11$) отмечалась слабая положительная корреляционная связь.

Урожайность сорта зимующего гороха Фокус сильно зависела от срока посева. Наиболее высокая урожайность отмечалась во втором сроке посева при нормах высева 1,2 и 1,4 млн шт. всх. семян/га (рис. 1).

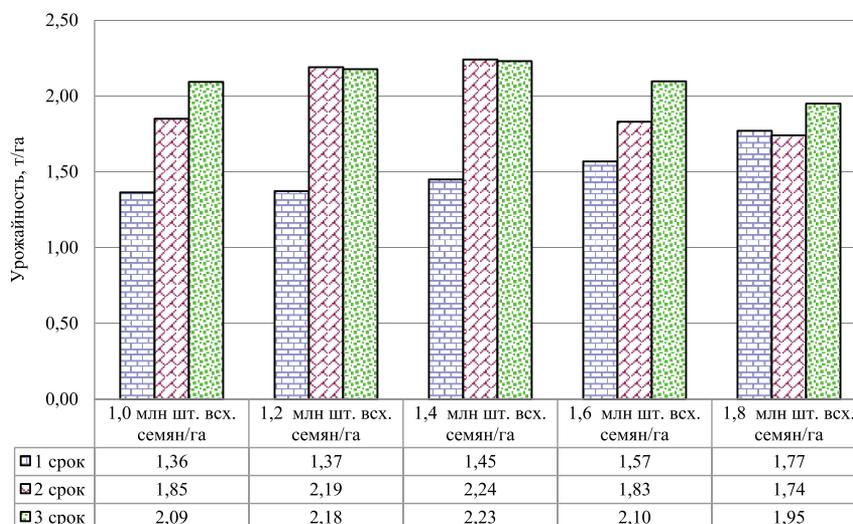


Рис. 1. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность зимующего гороха сорта Фокус (2020–2021 гг.)

Fig. 1. The effect of sowing dates and seeding rates on wintering pea productivity the variety 'Fokus' (2020–2021)

В третьем сроке посева урожайность зерна зимующего гороха при нормах высева 1,0–1,6 млн шт. всх. семян/га была выше 2,0 т/га, таким образом, в третьем сроке посева из-за того, что всходы были равномерные, растения хорошо использовали осенне-зимние осадки, а в дальнейшем и весенние, что положительно отразилось на урожайности гороха.

При проведении дисперсионного анализа было выявлено, что HCP_{05} для частных различий составил 0,21 т/га; HCP_{05} по фактору А – 0,10 т/га;

HCP_{05} по фактору В – 0,15 т/га; HCP_{05} по взаимодействию факторов АВ – 0,07 т/га. Доля влияние срока посева на урожайность зерна зимующего гороха составила 59,4 %, нормы высева – 4,8 %, совместное влияние – 17,1 %.

У сорта Фаэтон максимальная урожайность зерна отмечалась в первом и в третьем сроках посева при норме высева 1,2 млн шт. всх. семян/га, а также во втором сроке посева при норме высева 1,4 млн шт. всх. семян/га (рис. 2).

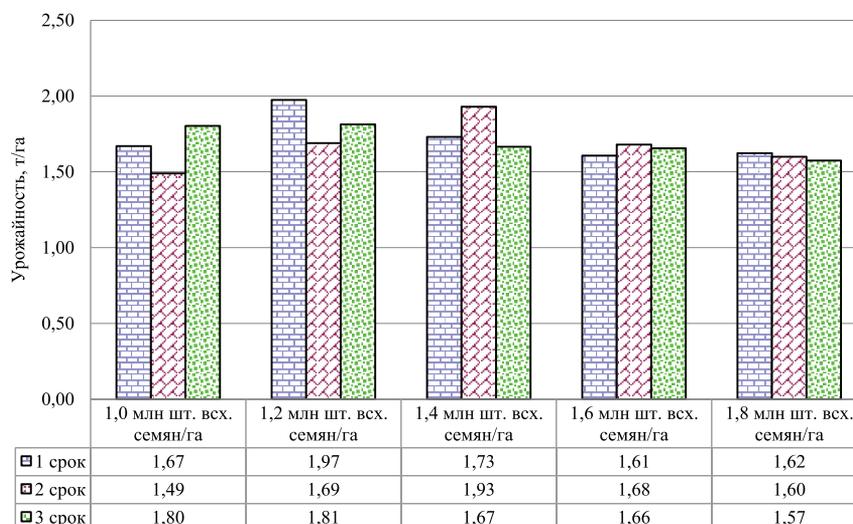


Рис. 2. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность зимующего гороха сорта Фаэтон (2020–2021 гг.)

Fig. 2. The effect of sowing dates and seeding rates on wintering pea productivity the variety 'Faeton' (2020–2021)

При проведении дисперсионного анализа было выявлено, что $НСР_{05}$ для частных различий составил 0,15 т/га; $НСР_{05}$ по фактору А – 0,07 т/га; $НСР_{05}$ по фактору В – 0,10 т/га; $НСР_{05}$ по взаимодействию факторов АВ – 0,05 т/га. Доля влияния срока посева на урожайность со-

ставила 21,3 %, нормы высева – 39,1 %, взаимодействия – 12,5 %.

У сорта Зимус максимальная урожайность отмечалась при норме высева 1,4 млн шт. всх. семян/га во всех сроках посева (рис. 3).

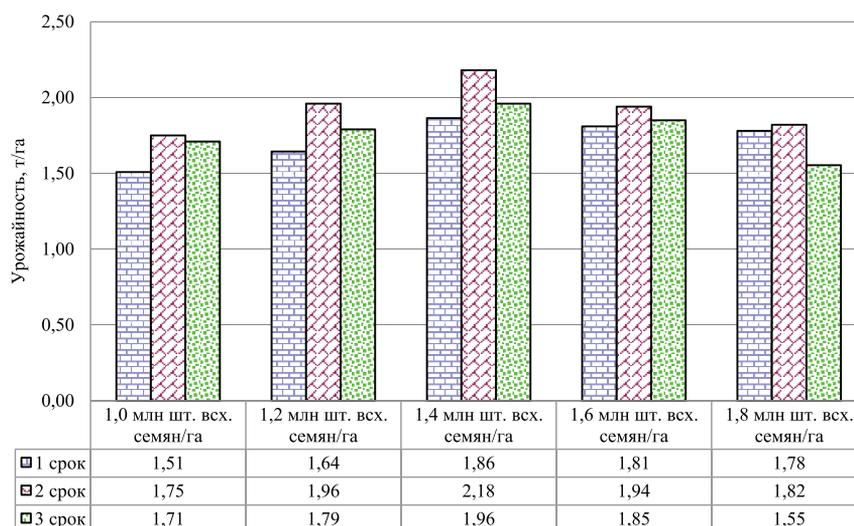


Рис. 3. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность зимующего гороха сорта Зимус (2020–2021 гг.)
Fig. 3. The effect of sowing dates and seeding rates on wintering pea productivity the variety 'Zimus' (2020–2021)

При проведении дисперсионного анализа было выявлено, что $НСР_{05}$ для частных различий составил 0,15 т/га; $НСР_{05}$ по фактору А – 0,07 т/га; $НСР_{05}$ по фактору В – 0,10 т/га; $НСР_{05}$ по взаимодействию факторов АВ – 0,05 т/га. Доля влияния срока посева на урожайность составила 21,3 %, нормы высева – 39,1 %, взаимодействия – 12,5 %.

Выводы. Сроки посева и нормы высева оказывали влияние на элементы зерновой продуктивности растений зимующего гороха в южной зоне Ростовской области. Так, у сорта Фокус масса семян с растения находилась в пределах

2,53–4,02 г, у сорта Фаэтон – 2,31–2,67 г, у сорта Зимус – 2,62–4,49 г. Масса 1000 семян находилась в пределах 125,6–154,1 г у сорта Фокус, 130,1–157,6 г – у сорта Фаэтон, 146,5–155,9 г – у сорта Зимус.

Урожайность зерна зимующего гороха находилась в пределах 1,36–2,24 т/га у сорта Фокус, 1,49–1,97 т/га – у сорта Фаэтон, 1,51–2,18 т/га – у сорта Зимус.

Наиболее высокая урожайность отмечалась по сорту Фокус во втором сроке посева при норме высева 1,4 млн шт. всх. семян/га – 2,24 т/га.

Библиографические ссылки

1. Ашиев А. Р., Скулова М. В., Хабибуллин К. Н. Экологическая оценка гороха посевного зимующего типа развития в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 95–100. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-95-100
2. Брежнева В. И., Брежнев А. В. Селекционная ценность новых сортов зимующего гороха // Достижение науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 3. С. 54–56.
3. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность зернобобовых культур в богарных условиях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 123–141. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-123-141
4. Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Копман И. К., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Фетюхин И. В. Предшественники и сроки посева сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. Т. 14, № 4. 2022. С. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-97-103
5. Ileri O., Avci S., Koc A. Forage yield and quality differences of autom and spring-sown forage pea genotypes under central Anetolia conditions // Turkish Journal of Field Crops. 2021. № 26 (2). P. 253–261. DOI: 10.17557/tjfc.865241
6. Das A., Rangappa K., Basavaraj S., Dey U., Haloi M., Layek J., Idapuganti R. G., Lal R., Deshmukh N. A., Yadav G. S., Babu S., Ngachan Sh. Conservation tillage and nutrient management practices in summer rice (*Oryza sativa* L.) favoured root growth and phenotypic plasticity of succeeding winter pea (*Pisum sativum* L.) under eastern Himalayas // Heliyon. 2021. Vol. 7, Iss. 5. Article number: e07078. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07078
7. Ren A., Sun M., Wang P., Xue L., Lei M., Xue J., Gao Z., Yang Z. Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China // Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18, Iss. 1. P. 33–42. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61980-X

References

1. Ashiev A.R., Skulova M.V., Khabibullin K.N. Ekologicheskaya otsenka gorokha posevnogo zimuyushchego tipa razvitiya v usloviyakh yuzhnoi zony Rostovskoi oblasti [Ecological estimation of peas of wintering sowing type in the conditions of the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 6(72). S. 95–100. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-95-100
2. Brezhneva V.I., Brezhnev A.V. Selektionnaya tsennost' novykh sortov zimuyushchego gorokha [Breeding value of the new wintering peas varieties] // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30, № 3. S. 54–56.
3. Voshedskii N.N., Kulygin V.A. Vliyanie elementov tekhnologii vozdeleyvaniya na urozhainost' zernobobovykh kul'tur v bogarnykh usloviyakh Rostovskoi oblasti [The effect of elements of cultivation technology on productivity of leguminous crops in rainfed conditions of the Rostov region] // Melioratsiya i gidrotekhnika. 2022. T. 12, № 2. S. 123–141. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-123-141
4. Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A., Kopman I.K., Marchenko D.M., Samofalov A.P., Fetyukhin I.V. Predshhestvenniki i sroki poseva sorta myagkoi ozimoi pshenitsy Yubilei Dona v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [Forecrops and sowing terms of the winter common wheat variety 'Yubilei Dona' in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. T. 14, № 4. 2022. S. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-97-103
5. Ileri O., Avci S., Koc A. Forage yield and quality differences of autom and spring-sown forage pea genotypes under central Anatolia conditions // Turkish Journal of Field Crops. 2021. № 26(2). P. 253–261. DOI: 10.17557/tjfc.865241
6. Das A., Rangappa K., Basavaraj S., Dey U., Haloi M., Layek J., Idapuganti R.G., Lal R., Deshmukh N.A., Yadav G.S., Babu S., Ngachan Sh. Conservation tillage and nutrient management practices in summer rice (*Oryza sativa* L.) favoured root growth and phenotypic plasticity of succeeding winter pea (*Pisum sativum* L.) under eastern Himalayas // Heliyon. 2021. Vol. 7, Iss. 5. Article number: e07078. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07078
7. Ren A., Sun M., Wang P., Xue L., Lei M., Xue J., Gao Z., Yang Z. Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China // Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18, Iss. 1. P. 33–42. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61980-X

Поступила: 02.08.23; доработана после рецензирования: 24.08.23; принята к публикации: 25.08.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Васильченко С. А. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Метлина Г. В. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Ашиев А. Р. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.11:631.521:631.86(470.67)

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-93-99

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОПРЕПАРАТОВ

Т. Р. Валиев¹, аспирант кафедры земледелия почвоведения и мелиорации
ФГБОУ ВО Дагестанского ГАУ;

С. А. Курбанов¹, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой земледелия,
почвоведения и мелиорации ФГБОУ ВО Дагестанского ГАУ, kurbanovsa@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0001-9390-5180;

Д. С. Магомедова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,
главный научный сотрудник ФГБНУ «ФАНЦ РД», mds-agro@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-7559-2456

¹ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джембулатова»,
367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, д. 180;

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»,
367014, Республика Дагестан, г. Махачкала, мкр. Научный городок, ул. им. А. Шахбанова, д. 30

В условиях Терско-Сулакской низменности Республики Дагестан в 2019–2022 гг. изучали влияние биопрепаратов на урожайность и качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы селекции Национального центра зерна им. П. П. Лукьяненко и Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра. Аналитический обзор литературных источников свидетельствует о том, что применение новых сортов и биостимуляторов является важным фактором повышения урожайности зерновых культур, которые при незначительных затратах обеспечивают рентабельность их применения. Опыты проводились на 5 сортах озимой мягкой пшеницы при разной схеме применения органоминерального комплекса Биостим зерновой в соответствии с методикой полевого опыта по Б. А. Доспехову. Погодные условия в годы проведения опыта в целом были благоприятными. Весенне-летнее развитие растений проходило в небольших по теплообеспеченности отклонениях при колебаниях ГТК от 0,37 до 0,58. Цель исследований – определение адаптивного потенциала растений озимой мягкой пшеницы и установление наиболее оптимальной схемы применения биопрепаратов для повышения потенциальной продуктивности сортов. В результате трехлетних исследований установлено, что продуктивность посевов зависит не только от сорта, но и от способов применения биостимулятора и их сочетаний. Максимальную урожайность обеспечивает сорт Каролина 5 – 6,44 т/га, что на 0,87 т/га выше контроля. Сочетание предпосевного замачивания семян гуматом калия Суфлер и обработка биостимулятором Биостимом зерновых посевов пшеницы обеспечило прибавку урожая зерна в среднем по всем сортам на 0,63 т/га, а наибольшую по сорту Каролина 5 – на 0,71 т/га. Расчеты параметров экологической пластичности показали, что сорта Каролина 5 и Алексеич наиболее приспособлены к конкретным почвенно-климатическим условиям и уровню применяемой технологии, и в этой связи могут быть использованы для районирования озимой пшеницы в условиях орошаемой зоны республики.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорта, гумат калия Суфлер, Биостим зерновой, качество зерна, показатели адаптивности.

Для цитирования: Валиев Т. Р., Курбанов С. А., Магомедова Д. С. Урожайность и качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы в условиях орошаемой зоны Республики Дагестан при применении биопрепаратов // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 93–99. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-93-99.



PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER BREAD WHEAT VARIETIES IN THE IRRIGATED ZONE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN WHEN USING BIOLOGICAL PRODUCTS

T. R. Valiev¹, post graduate student of the department of agriculture, soil study and melioration
of the FSBEI HE Dagestan SAU;

S. A. Kurbanov¹, Doctor of Agricultural Sciences, head of the department of agriculture,
soil study and melioration of the FSBEI HE Dagestan SAU, kurbanovsa@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0001-9390-5180;

D. S. Magomedova², Doctor of Agricultural Sciences, professor of RAS,
main researcher of FSBSI “FARC of RD”, mds-agro@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-7559-2456

¹FSBEI HE “Dagestan state agricultural university named after M.M. Dzhambulatov”,
367032, republic of Dagestan, Makhachkala, Magomet Gadzhiev Str., 180;

²FSBSI “Federal Agrarian Research Center of the Republic of Dagestan”,
367014, Republic of Dagestan, Makhachkala, Nauchny Gorodok, A. Shakhbanov Str., 30

In the conditions of the Terek-Sulak lowland of the Republic of Dagestan, we studied the effect of biological products on productivity and grain quality of winter bread wheat varieties developed by the National Grain Center named

after P.P. Lukyanenko and the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center in 2019–2022. An analytical review of the references indicates that the use of new varieties and biostimulants are important factors in improving productivity of grain crops, which ensure the profitability of their use at low costs. The trials were carried out on 5 winter bread wheat varieties with different application schemes of the organomineral complex 'Biostim zernovoy' in accordance with the B.A. Dospekhov's field trial methodology. Weather conditions during the years of the trial were generally favorable. The spring-summer development of plants took place with slight differences in heat supply, with HTC fluctuations from 0.37 to 0.58. The purpose of the current study is to identify the adaptive potential of winter bread wheat plants and to establish the most optimal scheme for the use of biological products to increase the potential productivity of varieties. As a result of three years of study, there has been found that the productivity of crops depends not only on the variety, but also on the methods of using the biostimulant and their combinations. The maximum productivity has been provided by the variety 'Karolina 5' (6.44 t/ha), which was 0.87 t/ha larger than the control. The combination of pre-sowing seed soaking with potassium humate 'Sufler' and treatment of wheat crops with the biostimulant 'Biostim zernovoy' provided productivity increase on average for all varieties of 0.63 t/ha, and the largest for the variety 'Karolina' with 0.71 t/ha. Calculations of environmental adaptability parameters showed that the varieties 'Karolina 5' and 'Aleksich' are the most adapted ones to specific soil and climatic conditions and the level of technology used and, in this regard, can be used for zonation of winter wheat in the irrigated zone of the Republic.

Keywords: winter wheat, varieties, potassium humate 'Sufler', Biostim zernovoy, grain quality, adaptability indicators.

Введение. Важнейшее значение в увеличении производства высококачественного зерна пшеницы имеет максимальное раскрытие сортового потенциала на основе современных агротехнологий, обеспечивающих эффективное использование местных почвенно-климатических ресурсов и средств интенсификации земледелия. Одним из основных направлений повышения урожайности озимой пшеницы является подбор адаптивных сортов и использование в современных агротехнологиях различных биопрепаратов, повышающих резистентность растений к неблагоприятным факторам среды и их урожайности (Воронов и др., 2020; Farhat et al., 2022; Sharonova et al., 2022).

Озимая пшеница – основная сельскохозяйственная культура Республики Дагестан, занимающая 93,7 тыс. га (22,7 %), однако средняя урожайность (2,26 т/га) существенно уступает среднероссийской и не соответствует потенциальной продуктивности возделываемых сортов (Магомедова и др. 2020). В этой связи для повышения урожайности озимой пшеницы требуется совершенствование сортосмены и существующих агротехнических приемов, которые будут способствовать лучшей реализации потенциала сортов. Одним из наиболее эффективных приемов в современных технологиях возделывания озимой пшеницы является использование различных препаратов для обработки семян и растений озимой пшеницы с целью улучшения количественных и качественных показателей (Nuttall et al., 2017; Пономарева и др., 2019; Федотов и др., 2019).

С этой целью в Дагестанском ГАУ проводили сравнительную оценку перспективных для республики сортов озимой пшеницы на основе применения различных схем биостимулятора роста.

Материалы и методы исследования. Полевой эксперимент проводили в ОАО «Учебно-опытное хозяйство» г. Махачкалы в 2019–2022 гг. на луговых среднесуглинистых почвах с содержанием гумуса в пахотном слое 2,93 %. По содержанию доступных форм основных элементов питания почва относится к среднеобеспеченной – по легкогидролизуемому азоту, низкообеспе-

ченной – по подвижному фосфору и повышенной обеспеченности – по обменному калию. Вскипание от 10 %-й соляной кислоты наблюдается с глубины 0,30 м, емкость поглощения – 25–30 мг-экв. на 100 г почвы, реакция пахотного и подпахотного горизонта – pH = 7,2.

Полевой эксперимент закладывался рендомизированным методом размещения вариантов и последовательным размещением повторений. В качестве биопрепаратов использовали продукцию АО «Щелково Агрохим»: для предпосевной обработки семян – воду и гумат калия Суфлер (ГКС) из расчета 0,3 л/т при расходе рабочей жидкости 150 л/т, для некорневой подкормки растений озимой пшеницы – Биостим зерновой (БЗ) в дозах, рекомендованных производителем, – 1,0 л/т и 1,3 л/га соответственно.

Двухфакторный полевой опыт был заложен по следующей схеме: сорта озимой пшеницы (фактор А) – Гром, контроль; Алексич и Баграт (сорта Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко), Каролина 5 и Ксения (сорта Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра); схема применения биопрепаратов (фактор В) – 1-й вариант – вода, контроль; 2-й – предпосевная обработка семян ГКС, 3-й – предпосевная обработка семян ГКС + некорневая обработка растений в фазу осеннего кушения БЗ, 4-й – предпосевная обработка семян ГКС + некорневая обработка растений в фазу осеннего кушения и в фазу выхода в трубку, 5-й – предпосевная обработка семян ГКС + некорневая обработка растений БЗ в фазу осеннего кушения, фазу выхода в трубку и в фазу колошения. На всех вариантах опыта вносили $N_{160}P_{60}$.

Все необходимые наблюдения, учеты и анализы проводили в соответствии с методикой полевого опыта Б.А. Доспехова (2014), фотосинтетическую деятельность – по А.А. Ничипоровичу (1961). Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову, а также методами корреляционного и регрессионного анализов с использованием пакета программ «Microsoft Excel 7.0 и «Statistica 10.0».

Результаты и их обсуждение. У автотрофных организмов, к которым относится и озимая пшеница, фотосинтез является основным про-

цессом образования органического вещества. Сочетание ассимиляции минеральных элементов из почвы с процессом фотосинтеза создает материальную базу для формирования урожая растений, из которого на долю фотосинтеза приходится около 95 %. Вместе с тем необходимо учитывать, что общая продуктивность растений зависит не только от интенсивности фотосинтеза, но и от характера ростовых процессов, работоспособности листьев – основного органа фотосинтеза (табл. 1).

Площадь отдельного листа и общая листовая поверхность растения позволяют оценить его фотосинтетический потенциал. Лист обладает наибольшими приспособительными качествами к условиям окружающей среды, что выражается в изменении площади ассимиляционной поверхности растений в зависимости от условий выращивания (Лобунская и др., 2021).

Таблица 1. Основные показатели фотосинтетической деятельности сортов озимой пшеницы (2020–2022 гг.)
Table 1. Main indicators of photosynthetic activity of the winter wheat varieties (2020–2022)

Сорта	Варианты опыта	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП, млн м ² · дней/га	СВ, т/га	СРП, г/м ² · сутки	КПД ФАР, %
Гром, контроль	Вода, контроль	31,2	2,26	9,04	12,45	1,34
	ГКС	32,0	2,30	9,51	13,22	1,45
	ГКС + БЗ (1)*	33,4	2,39	9,69	13,56	1,49
	ГКС + БЗ (2)*	34,2	2,41	10,08	14,29	1,59
	ГКС + БЗ (3)*	35,1	2,47	10,21	14,49	1,61
Алексеич	Вода, контроль	36,2	2,64	10,49	14,37	1,54
	ГКС	37,4	2,71	11,07	15,29	1,67
	ГКС + БЗ (1)	38,2	2,75	11,24	15,62	1,74
	ГКС + БЗ (2)	39,6	2,83	11,65	16,31	1,82
	ГКС + БЗ (3)	40,3	2,88	11,86	16,56	1,85
Баграт	Вода, контроль	33,9	2,41	9,83	13,83	1,50
	ГКС	34,7	2,45	10,16	14,40	1,61
	ГКС + БЗ (1)	35,1	2,46	10,35	14,78	1,67
	ГКС + БЗ (2)	37,0	2,55	10,89	15,76	1,80
	ГКС + БЗ (3)	37,3	2,57	10,96	15,89	1,81
Каролина 5	Вода, контроль	38,1	2,68	11,04	15,77	1,73
	ГКС	39,5	2,72	11,58	16,79	1,89
	ГКС + БЗ (1)	39,7	2,72	11,68	17,03	1,95
	ГКС + БЗ (2)	41,9	2,83	12,24	18,14	2,09
	ГКС + БЗ (3)	42,0	2,83	12,37	18,31	2,11
Ксения	Вода, контроль	35,3	2,45	10,23	14,72	1,62
	ГКС	36,2	2,45	10,38	15,02	1,70
	ГКС + БЗ (1)	36,4	2,51	10,61	15,58	1,75
	ГКС + БЗ (2)	37,9	2,58	11,16	16,41	1,86
	ГКС + БЗ (3)	38,3	2,60	11,27	16,58	1,88
НСР ₀₅ по факторам АВ		1,9	0,13	0,54	0,77	0,09

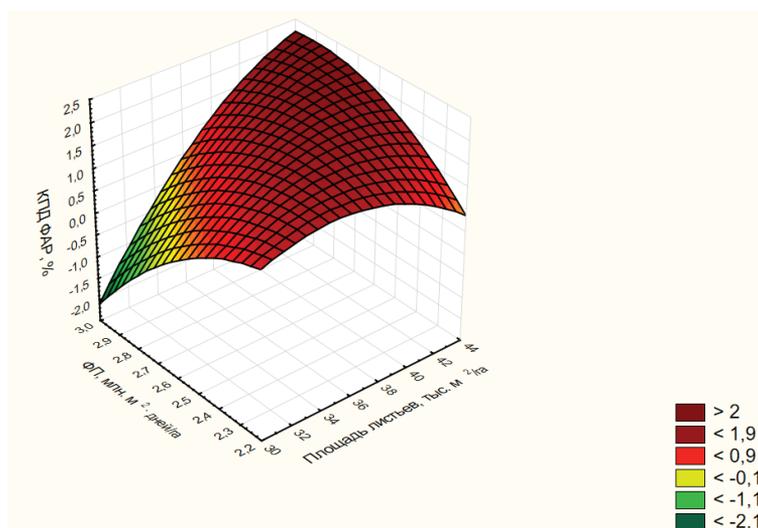
Примечание. * – применение одной, двух или трех обработок вегетирующих растений Биостимом зерновым.

Анализируя полученные значения деятельности ассимиляционного аппарата изучаемых сортов, необходимо отметить, что по всем показателям выделяется сорт Каролина 5, подтверждаемый результатами статистической обработки данных. Это превышение связано как с биологическими особенностями сорта, что выражается в большей высоте растений, так и лучшей отзывчивости сорта на применяемые биопрепараты, о чем свидетельствует максимальное значение КПД ФАР – 2,11 %. Худшим по показателям фотосинтетической деятельности оказался сорт Гром, остальные сорта занимали промежуточное положение.

При сравнении вариантов с различной схемой применения биостимуляторов роста видно, что эффективность их применения начинает сказываться по некоторым показателям

уже после осеннего опрыскивания посевов Биостимом зерновым, а наибольший эффект достигается при 2–3-х некорневых опрыскиваниях вегетирующих посевов. Применение биопрепаратов на этих вариантах в среднем приводит к росту ассимиляционной поверхности посевов по сравнению с контролем на 9,9 % и фотосинтетического потенциала на 6,6 %, увеличению накопления сухого вещества на 11,2 % и скорости роста посевов на 14,4 %. Все это в конечном итоге способствовало увеличению КПД фотосинтетически активной радиации на 18,7 %.

Использование программного продукта «STATISTICA 10» позволило установить множественную зависимость между площадью листьев, фотосинтетическим потенциалом и КПД ФАР (см. рис.).



Влияние площади листьев и ФП на КПД ФАР
Effect of leaf area and FP on PAR efficiency

Полученная зависимость между КПД ФАР и изучаемыми показателями выражается полиномом второй степени:

$$\text{КПД ФАР (\%)} = -0,2087 - 0,0338x + 1,1888y - 0,0149x^2 + 0,4669xy - 3,7372y^2.$$

Максимальные значения показателей фотосинтетической деятельности посевов озимой

пшеницы получены по сорту Каролина 5 при сочетании предпосевной обработки семян ГКС и тройной обработки БЗ вегетирующих растений пшеницы.

В результате трехлетних исследований установлено, что продуктивность посевов озимой пшеницы зависит не только от сорта, но и от способов и схемы применения биостимулятора и их сочетаний (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сортов озимой пшеницы в зависимости от различных вариантов применения биопрепаратов, т/га (2020–2022 гг.)
Table 2. Productivity of the winter wheat varieties depending on various options for the use of biological products, t/ha (2020–2022)

Сорта	Варианты опыта				
	вода, контроль	обработка семян ГКС	обработка семян ГКС + БЗ (1)	обработка семян ГКС + БЗ (2)	обработка семян ГКС + БЗ (3)
Гром, st	5,26	5,44	5,57	5,76	5,83
Алексеич	5,73	5,92	6,11	6,30	6,41
Баграт	5,12	5,31	5,47	5,70	5,74
Каролина 5	6,05	6,29	6,42	6,69	6,76
Ксения	4,94	5,13	5,24	5,47	5,52
Средняя*	5,42	5,62	5,76	5,98	6,05

Примечание. НСР₀₅ т/га – 0,35.

Предпосевное замачивание семян ГКС (1 л/т) оказало положительное влияние на урожайность всех изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы. Наиболее отзывчивым на обработку семян ГКС оказался сорт Каролина 5, где прибавка составила 0,24 т/га, а наименьшая у сорта Гром – 0,18 т/га. Однако положительное влияние варианта, где проводилась обработка ГКС, не превышало ошибки опыта. Однократная обработка посевов в фазу осеннего кущения биостимулятором БЗ в дозе 1,3 л/га активизировала рост и развитие растений и способствовало на фоне предпосевной обработки семян дальнейшему росту урожайности озимой пшеницы. В среднем по сортам сочетание ГКС + БЗ повысило урожайность на 6,3 %, при этом максимальная составила 0,38 т/га у сорта Алексеич,

а минимальная у сорта Ксения – 0,30 т/га. При обработке вегетирующих растений пшеницы по схеме ГКС + БЗ (2) прибавка урожайности по сравнению с контролем составила в среднем 0,56 т/га. Эффективность обработки посевов в фазу колошения озимой пшеницы была наименее результативной, так как рост урожайности был недостоверным и в среднем составил 0,07 т/га.

Наиболее отзывчивым на применение биопрепаратов оказался сорт Каролина 5, который при предпосевной обработке семян ГКС и 2–3-х некорневых обработках посевов биостимулятором БЗ обеспечил урожайность в пределах 6,69–6,76 т/га, что на 0,93 т/га выше контроля.

При анализе полученных результатов для оценки качества использовали национальный стандарт РФ ГОСТ 52554-2006 «Пшеница. Технические условия», в соответствии с которым только 4-й и 5-й варианты по содержанию белка соответствуют пшенице 2 класса, а по содержанию клейковины – пшенице 3 класса. Остальные варианты по этим показателям относятся к пшенице 3 и 4 класса.

В настоящее время особенно актуальной становится не только повышение продуктивности сортов, но и их адаптивность в связи с изменением климатических условий (Гладышева и Банникова 2021; Кинчаров и др., 2019). Определение различных показателей адаптив-

ности изучаемых сортов к конкретным условиям возделывания позволит выделить наиболее перспективные из них для последующего районирования для хозяйств с различным уровнем агротехники.

Для расчетов по определению параметров наиболее используемых показателей адаптивности использовали различные методики. В любом полевом эксперименте основным показателем эффективности применяемых приемов агротехники является урожайность, поэтому в наших расчетах по определению адаптивного потенциала изучаемых сортов за основу был взят именно этот показатель (табл. 3).

Таблица 3. Адаптивные свойства сортов озимой мягкой пшеницы по признаку «урожайность» (2020–2022 гг.)
Table 3. Adaptive properties of the winter bread wheat varieties according to the trait 'productivity' (2020–2022)

Сорта	Варьирование урожайности (У), ц/га			Показатели адаптивности		
	У _{min}	У _{max}	У _{ср}	экологическая пластичность	экологическая стабильность	коэффициент адаптивности
Гром, st	5,20	6,07	5,57	1,01	0,62	0,97
Алексеич	5,65	6,73	6,09	1,26	0,99	1,06
Баграт	5,14	5,88	5,46	0,87	0,74	0,95
Каролина	5,97	7,11	6,44	1,32	0,86	1,12
Ксения	4,85	5,82	5,26	1,11	0,49	0,91

Наиболее широко применяемые показатели адаптивности (экологическая стабильность и пластичность) позволяют выделить из изучаемых сортов те, которые способны в наибольшей степени реализовать свой потенциал в постоянно изменяющихся условиях внешней среды.

Наши расчеты показали, что сорта Каролина 5 и Алексеич обладают наибольшей экологической пластичностью ($b_i > 1$) и большой отзывчивостью на изменения условий выращивания, поэтому их лучше выращивать на интенсивном фоне с высоким уровнем агротехники. У сорта Баграт $b_i = 0,87$, что свидетельствует о низкой экологической пластичности, и его выращивание больше подходит для хозяйств с невысоким уровнем агротехники, где от него будет наибольшая отдача при минимуме затрат.

Расчеты экологической стабильности показали, что наиболее стабильными являются сорта Ксения и Гром, значения которых свидетельствуют о том, что эти сорта могут давать не очень высокий, но стабильный урожай в любых условиях выращивания.

По коэффициенту адаптивности (КА) только сорта Каролина 5 и Алексеич имеют значения больше 1, что характеризует их как наиболее адаптивные и потенциально высокопродуктивные.

Выводы. Сорта Каролина 5 (Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр) и Алексеич (Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко) обладают наиболее значимыми адаптационными показателями по экологической пластичности ($b_i = 1,32$ и $1,26$) и коэффициенту адаптивности ($KA = 1,12$ и $1,06$), и представляют практический интерес в плане сортосмены районированных сортов озимой мягкой пшеницы. Наиболее экономически эффективной схемой применения биопрепаратов является сочетание предпосевного замачивания семян гуматом калия Суфлер в дозе 1,0 л/т и обработка вегетирующих растений озимой пшеницы в фазе осеннего кущения и выхода в трубку Биостимом зерновым в дозе 1,3 л/га, обеспечивающих урожай по сорту Каролина 5 – 6,69 т/га, а по сорту Алексеич – 6,30 т/га.

Библиографические ссылки

1. Воронов С.И., Плескачев Ю.Н., Ильяшенко П.В. Основы производства высококачественного зерна озимой пшеницы // Плодородие. 2020. № 2 (113). С. 64–66. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.19
2. Гладышева О.В., Банникова М.И. Урожайность и оценка адаптивности раннеспелых и позднеспелых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Центрального Черноземья // Аграрная наука. 2021. № 1. С. 129–132. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-344-1-129-132
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Кинчаров А.И., Демина Е.А., Таранова Т.Ю., Муллаянова О.С., Чекмасова К.Ю. Оценка адаптивного потенциала перспективных сортов яровой мягкой пшеницы //

Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 10–1(37). С. 145–149. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11624

5. Лобунская И.А., Ионова Е.В., Лиховидова В.А. Влияние засушливых условий на урожайность и элементы фотосинтетической деятельности озимой мягкой пшеницы // Аграрная наука. 2021. № 2. С. 74–77. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-345-2-74-77

6. Магомедова Д.С., Курбанов С.А., Ахмедова С.О., Мамаев Г.М. Разработка элементов адаптивной технологии возделывания озимой пшеницы в орошаемых условиях равнинной зоны Дагестана // Современное состояние и инновационные пути развития мелиорации и орошаемого земледелия: Материалы международной научно-практической конференции специалистов, ученых и аспирантов, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Махачкала, 24–25 сентября 2020 г. / отв. ред. С.А. Курбанов. Махачкала. 2020. С. 207–216.

7. Пономарева А.С., Коршунов А.А., Вознесенская Т.Ю., Рыжова Д.А. Эффективность применения органоминеральных удобрений с комплексом аминокислот на пшенице // Агротехнический вестник. 2019. № 1. С. 59–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10014

8. Федотов В.А., Подлесных Н.В., Лукин А.Л., Власова Л.М. Урожайность озимой твердой пшеницы в зависимости от действия препаратов для обработки семян и растений // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 1. С. 63–66. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/63-66

9. Farhat F., Arfan M., Tabassum H.N., Tariq A., Wang X., Kamran M., Tariq I., Mora-Poblete F., Iqbal R., El-Sabroun A.M., Elansary Hosam O. The Impact of Bio-Stimulants on Cd-Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.): Insights Into Growth, Chlorophyll Fluorescence, Cd Accumulation, and Osmolyte Regulation // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13, Article number: 850567. DOI: 10.3389/fpls.2022.850567

10. Nuttall J.G., O'Leary G.J., Panozzo J.F. [et al.] Models of grain quality in wheat – a review // Field Crop Res. 2017. Vol. 202, P. 136–145. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.12.011

11. Sharonova N.L., Terenzhev D.A., Lyubina A.P., Fadeeva I.D., Zakirov A.T. Substances for biological protection, regulation of growth and development of agricultural crops based on secondary plant metabolites // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 949(1), Article number: 012049. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012049

References

1. Voronov S.I., Pleskachev Yu. N., Il'yashenko P.V. Osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna ozimoi pshenitsy [Fundamentals of the production of high-quality winter wheat grain] // Plodorodie. 2020. № 2 (113). С. 64–66. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.19

2. Gladysheva O.V., Bannikova M.I. Urozhainost' i otsenka adaptivnosti rannespelykh i pozdnospelykh sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [Productivity and estimation of adaptability of early-maturing and late-maturing varieties of winter bread wheat in the conditions of the Central Blackearth region] // Agrarnaya nauka. 2021. № 1. С. 129–132. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-344-1-129-132

3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.

4. Kincharov A.I., Demina E.A., Taranova T. Yu., Mullayanova O.S., Chekmasova K. Yu. Otsenka adaptivnogo potentsiala perspektivnykh sortov yarovoi myagkoi pshenitsy [Estimation of the adaptive potential of promising spring bread wheat varieties] // Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2019. № 10–1(37). С. 145–149. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11624

5. Lobunskaya I.A., Ionova E.V., Likhovidova V.A. Vliyanie zasushlivykh uslovii na urozhainost' i elementy fotosinteticheskoi deyatel'nosti ozimoi myagkoi pshenitsy [Effect of dry conditions on productivity and elements of photosynthetic activity of winter bread wheat] // Agrarnaya nauka. 2021. № 2. С. 74–77. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-345-2-74-77

6. Magomedova D.S., Kurbanov S.A., Akhmedova S.O., Mamaev G.M. Razrabotka elementov adaptivnoi tekhnologii vozdel'yvaniya ozimoi pshenitsy v oroshaemykh usloviyakh ravninnoi zony Dagestana [Development of elements of adaptive technology for winter wheat cultivation in irrigated conditions of the flat zone of Dagestan] // Sovremennoe sostoyanie i innovatsionnye puti razvitiya melioratsii i oroshaemogo zemledeliya: Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii spetsialistov, uchenykh i aspirantov, posvyashchennoi 75-letiyu Pobedy v Velikoi Otechestvennoi voine. Makhachkala, 24–25 sentyabrya 2020 g. / отв. ред. S.A. Kurbanov. Makhachkala. 2020. С. 207–216.

7. Ponomareva A.S., Korshunov A.A., Voznesenskaya T. Yu., Ryzhova D.A. Effektivnost' primeneniya organomineral'nykh udobrenii s kompleksom aminokislot na pshenitse [The efficiency of use of organomineral fertilizers with a complex of amino acids on wheat] // Agrokhimicheskii vestnik. 2019. № 1. С. 59–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10014

8. Fedotov V.A., Podlesnykh N.V., Lukin A.L., Vlasova L.M. Urozhainost' ozimoi tverdoi pshenitsy v zavisimosti ot deistviya preparatov dlya obrabotki semyan i rastenii [Winter durum wheat productivity depending on the effect of products for seed and plant treatment] // Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. № 1. С. 63–66. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/63-66

9. Farhat F., Arfan M., Tabassum H.N., Tariq A., Wang X., Kamran M., Tariq I., Mora-Poblete F., Iqbal R., El-Sabroun A.M., Elansary Hosam O. The Impact of Bio-Stimulants on Cd-Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.): Insights Into Growth, Chlorophyll Fluorescence, Cd Accumulation, and Osmolyte Regulation // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13, Article number: 850567. DOI: 10.3389/fpls.2022.850567

10. Nuttall J.G., O'Leary G.J., Panozzo J.F. [et al.] Models of grain quality in wheat – a review // Field Crop Res. 2017. Vol. 202, P. 136–145. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.12.011

11. Sharonova N.L., Terenzhev D.A., Lyubina A.P., Fadeeva I.D., Zakirov A.T. Substances for biological protection, regulation of growth and development of agricultural crops based on secondary

plant metabolites // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 949(1), Article number: 012049. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012049

Поступила: 18.05.23; доработана после рецензирования: 02.09.23; принята к публикации: 04.09.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Курбанов С. А. – концептуализация исследования; Валиев Т. Р. – подготовка опыта; Курбанов С. А., Валиев Т. Р. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Курбанов С. А., Магомедова Д. С. – анализ данных и их интерпретация; Магомедова Д. С. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 632.7.04/08:633.16

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-100-104

РАСПОЛОЖЕНИЕ НАСЕКОМЫХ В НАСЫПИ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

Г. А. Закладной, доктор биологических наук, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник отдела технологий хранения и комплексной переработки зерна, vlaza@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-2037-7150

Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал Федерального государственного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 127434, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 11

Для снижения потерь хранящегося зерна актуально обнаружить в нем насекомых на ранних стадиях заражения, для чего важно знать предпочитаемые места их обитания. Целью исследования было накопить знания о распределении насекомых в верхнем слое зерна, из которого на предприятиях отбирают пробы для оценки зараженности вредителями. В пробах, отобранных в пяти повторностях из насыпи ячменя, хранящегося в зерноскладе, идентифицировали вид и подсчитывали количество насекомых. Температуру определяли в местах отбора проб. Температура воздуха над насыпью зерна была от -2 до 0 °С. В слоях глубиной 0–28 см, 28–56 см и 56–84 см при средней температуре 9, 14 и 18 °С соответственно доверительные границы при $p = 0,05$ находились в пределах 5–13, 8–20 и 12–24 °С соответственно. Доверительные границы всех трех средних перекрывают друг друга, доказывая, что разница средних температур статистически незначительна. В пробах зерна обнаружены три вида насекомых. Жуки *Sitophilus oryzae* группировались в большем количестве в слоях зерна, где была выше температура. *Rhizopertha dominica* обнаруживали только в самом теплом нижнем слое зерна. *Liposcelis bostrychophila* сосредоточивался в наибольшем количестве во втором по глубине слое зерна. Отмечено повышение скученности имаго всех трех видов в слоях зерна с более высокой температурой.

Ключевые слова: ячмень, вредители запасов, миграция, зерновая масса.

Для цитирования: Закладной, Г. А. Расположение насекомых в насыпи зерна ячменя // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 100–104. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-100-104.



LOCATION OF INSECTS IN A BARLEY BULK-GRAIN

G. A. Zakladnoy, Doctor of Biological Sciences, honored scientist of the Russian Federation, main researcher of the department of grain storage and complex processing technologies, vlaza@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-2037-7150

All-Russian Research Institute of Grain and Processing Products – a branch of the Federal State Research Institution

“Federal Research Center for Food Systems named after I. I. V. M. Gorbatov” of RAS, 127434, Moscow, Dmitrovskoe Hw, 11

In order to reduce the loss of stored grain, it is important to detect insects in it at the early stages of infection, for which it is important to know their preferred habitats. The purpose of the current study was to gain knowledge about the distribution of insects in the top layer of grain, from which samples are taken at enterprises to estimate pest infestation. In the samples taken in five repetitions from a barley bulk-grain stored in a granary, there were identified and counted pest species and their number. The temperature was determined at the sampling sites. The air temperature above the bulk-grain was from minus 2 °C to 0 °C. In layers with a depth of 0–28 cm, 28–56 cm, and 56–84 cm at a mean temperature of 9, 14 and 18 °C, respectively, the confidence limits at $p = 0.05$ were within 5–13, 8–20 and 12–24 °C, respectively. The confidence limits of all three means have overlapped, proving that the difference in mean temperatures is not statistically significant. There have been found three species of insects in grain samples. Beetles *Sitophilus oryzae* clustered in greater numbers in grain layers where the temperature was higher. *Rhizopertha dominica* was found only in the warmest bottom layer of the grain. *Liposcelis bostrychophila* was concentrated in the greatest amount in the second deepest grain layer. There has been found an increase in the crowding of adults of all three species in grain layers with a higher temperature.

Keywords: barley, pests, migration, grain weight.

Введение. Зерно во время хранения подвержено заражению вредными насекомыми. Пораженное насекомыми зерно отличается низким качеством. Оно становится опасным для питания человека и в корм животным (Zakladnoy, 2018). Потери хранящегося зерна можно минимизировать, если обнаруживать в нем насекомых на ранних стадиях заражения и своевременно проводить соответствующие мероприятия. Раннему выявлению насекомых

в зерне способствует знание предпочитаемых мест их обитания в зерновых насыпях.

Наблюдения (Anukiruthika et al., 2021) показали, что поведенческие реакции насекомых варьируют в зависимости от вида и стадии развития, а также от внешних раздражителей при различных условиях хранения зерновых масс. Вместе с тем другие авторы (Athanassiou and Buchelos, 2020) указывают, что изменения в зерновой массе в содержании влаги, темпе-

ратуры и насыпной плотности происходили одновременно и хорошо коррелировали между собой, но ни один из этих параметров не коррелировал с численностью насекомых.

Исследователями (Mu et al., 2021) были установлены статистически значимые различия в распределения имаго трех видов насекомых в пределах определенного градиента температуры хранения зерна. При температурном градиенте 25–30 °С *Tribolium castaneum* имел тенденцию собираться в зоне зерна при 30 °С, *Rhizopertha dominica* – при 25 °С, а *Sitophilus oryzae* не имел очевидной тенденции. При температурном градиенте 20–30 °С *Tribolium castaneum* и *Sitophilus oryzae* концентрировались в зоне зерна при 30 °С, *Rhizopertha dominica* – при 20 °С. При температурном градиенте 20–35 °С *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* и *Rhizopertha dominica* собирались в зоне зерна при 35 °С. При равномерной температуре зерна 30 °С у *Tribolium castaneum* не отмечено тенденции к скапливанию. *Sitophilus oryzae* собирался на правой стороне хранилища, а *Rhizopertha dominica* – на левой стороне хранилища. После остывания зерна *Sitophilus oryzae* устремлялся к центру хранилища, *Rhizopertha dominica* – к периферийной зоне, а *Tribolium castaneum* не проявил явной тенденции.

Обзор показывает, что в научной литературе существуют противоречивые сведения о предпочитаемых местах скопления насекомых в зерновых насыпях. Практически отсутствуют данные о вертикальном распределении насекомых в насыпях зерна, особенно в верхних его слоях, где на предприятиях обычно отбирают пробы для определения состояния зерна, в том числе для оценки зараженности его вредителями в соответствии с ГОСТ 13586.6-93 «Зерно. Методы определения зараженности вредителями».

Уточнение особенностей миграции и распределения вредных насекомых непосредственно в природных станциях в верхнем участке зерновой насыпи представляет собой актуальную задачу, которую мы решали в данном исследовании.

Целью настоящего исследования было накопить знания о распределении вредных насекомых в насыпи зерна ячменя. Для ее достижения мы предложили гипотезу определения плотности заражения насекомыми в достаточно узких слоях верхней части зерновой насыпи, имея в виду, что нижние участки зерновой насыпи являются неблагоприятными для обитания насекомых из-за большого содержания в них углекислого газа, а также то, что на практике только в верхнем слое отбирают пробы для оценки зараженности зерна вредителями.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в марте 2023 г. в Татарстане в металлургическом зерноскладе, где находилась насыпь зерна ячменя урожая 2022 года, показанная на рисунке 1.



Рис. 1. Исследованная насыпь зерна ячменя
Fig. 1. The studied barley bulk-grain

Пробы зерна отбирали в пяти произвольно взятых точках-повторностях поверхности зерновой насыпи.

Для отбора проб зерна использовали шестиуровневый щуп-пробоотборник, показанный на рисунке 2.



Рис. 2. Шестиуровневый щуп-пробоотборник
Fig. 2. A six-level probe-sampler

Этот щуп позволял отбирать при одном погружении одновременно шесть проб зерна с шагом 14 см с глубины 0–14 см, 14–28 см, 28–42 см, 42–56 см, 56–70 см и 70–84 см.

Щуп в закрытом состоянии погружали вертикально в зерно и поворачивали вокруг своей оси внутренний цилиндр, открывая отверстия, через которые в щуп засыпалось зерно. Затем поворотом внутреннего цилиндра в противоположную сторону закрывали отверстия, извлекали щуп из зерна и укладывали его на специально изготовленное приспособление (рис. 3).



Рис. 3. Процесс перемещения проб зерна из щупа в контейнеры

Fig. 3. The process of moving grain samples from the probe into containers

При этом отверстия в щупе совпадали с установленными в приспособлении пластмассовыми контейнерами. После этого поворотом внутреннего цилиндра открывали отверстия в щупе, позволяя зерну из щупа высыпаться в контейнеры.

Контейнеры плотно накрывали крышками, переносили в лабораторию, где взвешивали зерно каждой пробы.

В пяти исследованных повторностях насыпи зерна ячменя масса проб от каждого 14-сантиметрового слоя находилась в пределах 15–67 г.

В лаборатории на разборной доске зерно каждой пробы мелкими порциями в рассыпную перемещали с одного края доски в другой край, выделяя насекомых. Насекомых идентифицировали и подсчитывали их количество в каждой пробе от каждого слоя зерна.

Для измерения температурных и влажностных параметров зерновой массы была специально изготовлена метровая зонд-штанга с шестью датчиками температуры и относительной влажности воздуха с автономным питанием (см. рис. 4).



Рис. 4. Зонд-штанга (слева), дисплей индикаторного блока (справа)

Fig. 4. A rod probe (left), an indicator unit display (right)

Датчики температуры и влажности расположены по длине штанги таким образом, чтобы они совпадали с центрами отверстий щупа-пробоотборника. Зонд-штанга снабжена дисплеем, на котором отображаются значения измеряемых параметров.

Зонд-штангу погружали в зерно в 20–30 см от щупа-пробоотборника таким образом, чтобы датчики располагались непосредственно напротив центра отверстий щупа-пробоотборника. На дисплее зонда-штанги наблюдали температуру и относительную влажность меж-

зернового воздуха и регистрировали данные после их стабилизации.

Внутри склада над поверхностью зерна во время обследования температура воздуха находилась в пределах от – 2 до 0 °С, а относительная влажность воздуха была 70 %.

Относительная влажность воздуха в межзерновых пространствах зерновой насыпи ячменя преимущественно составляла 99 % в анализируемом слое зерна глубиной до 0,84 м.

Статистическую обработку данных распределения температуры по трем слоям зерна глу-

биной 0–28 см, 28–56 см и 56–84 см проводили с использованием метода наименьших квадратов. При этом рассчитывали среднюю температуру X_{cp} и доверительные интервалы среднего $\Delta_n - \Delta_b$ при $p = 0,05$.

Обработку данных распределения насекомых выполняли следующим образом. Пересчитывали количество имаго насекомых, обнаруженных в данной пробе, в плотность их заселенности в экз./кг. Для этого количество имаго делили на массу в граммах соответствующей пробы зерна и умножали на 1000 г/кг.

После этого рассчитывали относительную плотность имаго в каждом 28-сантиметровом слое. Для этого плотность заселения насекомыми в экз./кг в каждом 28-сантиметровом слое зерна относили к сумме их плотностей за

селения во всех слоях на глубине 0–84 см и умножали на 100 %. Полученную величину в % принимали за критерий оценки вертикального распределения насекомых в исследуемой толще зерна на глубину отбора проб щупом-проботборником.

Результаты и их обсуждение. В зерне ячменя в складе в пяти точках-повторностях были обнаружены и идентифицированы 3 вида насекомых: рисовый долгоносик *Sitophilus oryzae* L., зерновой точильщик *Rhizopertha dominica* F. и липосцелис бострихофила *Liposcelis bostrychophila* Badonnel.

По данным, приведенным в таблице, можно судить о распределении температуры и насекомых в слое зерна ячменя глубиной до 84 см.

Таблица. Распределение температуры и насекомых в зерне ячменя слоем глубиной до 84 см
Table. Distribution of temperature and insects in barley grain with a layer up to 84 cm deep

Глубина слоя зерна, см	Температура зерна, °C		Количество обнаруженных имаго, %			
	X_{cp}	$\Delta_n - \Delta_b$	<i>Sitophilus oryzae</i>	<i>Rhizopertha dominica</i>	<i>Liposcelis bostrychophila</i>	Все виды
0–28	9	5–13	12	0	29	14
28–56	14	8–20	30	0	58	29
56–84	18	12–24	58	100	13	57

Видно, что наименьшая средняя температура зерна установилась в самом верхнем слое глубиной до 28 см, который примыкал к холодному надзерновому воздуху, имевшему температуру от -2 до 0 °C. С увеличением глубины зерна повышалась и его температура.

На общем фоне увеличения средней температуры зерна с удалением от холодного надзернового воздуха она отличалась большим разбросом по повторностям опыта.

В верхнем 28-сантиметровом слое при $X_{cp} = 9$ °C доверительный интервал среднего ($\epsilon_x = t_{sx}$) составлял ± 4 °C. В следующих по глубине слоях зерна 28–56 см и 56–84 см при $X_{cp} = 14$ и 18 °C соответственно ϵ_x был равен ± 6 °C. За счет такого большого разброса доверительные границы $\Delta_n - \Delta_b$ всех трех средних перекрывают друг друга, доказывая, что разница средних температур по всем трем глубинам статистически незначительна.

Теперь рассмотрим распределение насекомых по вертикали зерновой массы в верхнем 84-сантиметровом слое зерна. Именно от этого слоя традиционно отбирают пробы зерна для определения его зараженности насекомыми в соответствии с ГОСТ 13586.6-93 «Зерно. Методы определения зараженности вредителями».

В отношении *Sitophilus oryzae* можно заметить, что жуки этого вредителя группировались в большем количестве в тех слоях зерна, в которых была выше температура. Это вполне логично, поскольку оптимум для их жизни лежит в диапазоне температуры $27-31$ °C.

Что касается *Rhizopertha dominica*, его имаго обнаруживали только в самом теплом нижнем слое зерна глубиной 56–84 см, поскольку диа-

пазон оптимальной температуры для его жуков составляет $32-35$ °C.

Имаго более холодостойкого вида *Liposcelis bostrychophila* сосредоточивались в наибольшем количестве во втором по глубине слое зерна.

При рассмотрении распределения имаго всех трех видов насекомых в комплексе отмечается повышение их скученности в слоях зерна с более высокой температурой.

Надо заметить, что полученные нами данные во многом совпадают с мнениями других исследователей. В частности, они подтверждают, что насекомые мигрируют в более теплые участки зерна, но при этом различные виды насекомых имеют свои особые реакции (McKay et al., 2017; Mu et al., 2021).

В то же время наши данные не в полной мере согласуются с замечанием (Jian et al., 2018), из которого следует вывод, что при высокой плотности заражения увеличивается конкуренция среди жуков, и последние должны расселяться в участки продукта с низкой их численностью. В наших опытах эта гипотеза не подтверждается. Для каждого вида вредителя и в целом для всех трех видов отмечены значительные различия в распределении имаго в разных слоях зерна. Как мы рассмотрели, такое распределение более соответствует распределению температуры. То есть в вертикальном распределении насекомых в зерне фактор температуры превалирует над фактором скученности насекомых.

Выводы. Получены новые данные о расположении вредных насекомых в насыпи зерна ячменя на глубину до 84 см в производственных условиях, в естественных стациях

их обитания. Отмечены значительные различия в количественном расположении насекомых в разных 28-сантиметровых слоях насыпи. Определяющую роль в их расположении играет температура. Насекомые стремились в слои зерна, температура которых близка к благоприятной для их развития. Результаты исследований подтвердили правильность предложенной нами рабочей гипотезы, которая может быть применена в других аналогичных экспериментах. Данные о закономерности распределения насекомых в зерновой насыпи могут быть использованы в практике раннего обнаружения зараженности зерна вредителями. Они также дают основания для продолжения аналогичных исследований в других партиях и других культурах для накопления знаний о распределении насекомых в различных условиях хранения зерна.

Благодарности. Автор выражает благодарность Юрию Федоровичу Маркову, кандидату технических наук, заместителю директора Кубанского филиала Федерального государственного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН за разработку, изготовление и предоставление для исследований зонда-штанги для измерения температурных и влажностных параметров зерновой массы. Также Раилю Тауфиковичу Гилязову, врио заместителя руководителя Филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский Сельскохозяйственный Центр» по Республике Татарстан, Казань, и Нурие Алексеевне Закладной, генеральному директору ООО «Центр защиты зерна Закладного», за организацию и участие в отборе проб зерна в складе.

Библиографические ссылки

1. Anukiruthika T., Jian F, Jayas D. Movement and behavioral response of stored product insects under stored grain environments – A review // *Journal of Stored Products Research*. 2021. Vol. 90, Article number: 101752. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101752
2. Athanassiou C., Buchelos C. Grain properties and insect distribution trends in silos of wheat // *Journal of Stored Products Research*. 2020. Vol. 88, Article number: 101632. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101632
3. Jian F., Jayas D., Fields P.G., White N.D. G., Zhang H., Tang P. Demography of rusty grain beetle in stored bulk wheat: Part I, population dynamics at different temperatures and grain bulk sizes // *Environmental Entomology*. 2018. Vol. 47(2), P. 244–255. DOI: 10.1093/ee/nvy019
4. McKay T., White A.L., Starkus L.A., Arthur F., Campbell A. Seasonal patterns of stored-product insects at a rice mill // *Journal of Economic Entomology*. 2017. Vol. 110(3), P. 1366–1376. DOI: 10.1093/jee/tox089
5. Mu Z, Wang J, Zhang Y, Qi X, Li L, Chen J. Effect of Temperature Gradient of Grain Storage on Migration and Distribution of Three Pests // *Journal of Biomedical Research and Environmental Sciences*. 2021. Vol. 2(7), P. 632–640. DOI: 10.37871/jbres1289
6. Zakladnoy G.A. Effect of Grain Infestation with the Rice Weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera, Dryophthoridae) on the Quality of Grain and Grain Products // *Entomological Review*. 2018. Vol. 98(6), P. 659–662. DOI: 10.1134/S0013873818060015

References

1. Anukiruthika T., Jian F, Jayas D. Movement and behavioral response of stored product insects under stored grain environments – A review // *Journal of Stored Products Research*. 2021. Vol. 90, Article number: 101752. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101752
2. Athanassiou C., Buchelos C. Grain properties and insect distribution trends in silos of wheat // *Journal of Stored Products Research*. 2020. Vol. 88, Article number: 101632. DOI: 10.1016/j.jspr.2020.101632
3. Jian F., Jayas D., Fields P.G., White N.D. G., Zhang H., Tang P. Demography of rusty grain beetle in stored bulk wheat: Part I, population dynamics at different temperatures and grain bulk sizes // *Environmental Entomology*. 2018. Vol. 47(2), P. 244–255. DOI: 10.1093/ee/nvy019
4. McKay T., White A.L., Starkus L.A., Arthur F., Campbell A. Seasonal patterns of stored-product insects at a rice mill // *Journal of Economic Entomology*. 2017. Vol. 110(3), P. 1366–1376. DOI: 10.1093/jee/tox089
5. Mu Z, Wang J, Zhang Y, Qi X, Li L, Chen J. Effect of Temperature Gradient of Grain Storage on Migration and Distribution of Three Pests // *Journal of Biomedical Research and Environmental Sciences*. 2021. Vol. 2(7), P. 632–640. DOI: 10.37871/jbres1289
6. Zakladnoy G.A. Effect of Grain Infestation with the Rice Weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera, Dryophthoridae) on the Quality of Grain and Grain Products // *Entomological Review*. 2018. Vol. 98(6), P. 659–662. DOI: 10.1134/S0013873818060015

Поступила: 19.05.23; доработана после рецензирования: 30.06.23; принята к публикации: 30.06.23.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Закладной Г. А. – концептуализация исследования; подготовка опыта; выполнение полевых и лабораторных опытов и сбор данных; анализ данных и их интерпретация; подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

УДК 633.1: 632.754.1(470.2)

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-105-111

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ВРЕДНОСНОСТЬ ЯГОДНОГО КЛОПА В ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

А. М. Шпанев, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интегрированной защиты растений, ashpanev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4346-318X;
А. В. Капусткина, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной энтомологии, aleksandrakapustkina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8943-6841
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»
196608, г. Санкт-Петербург, шоссе Подбельского, д. 3

В 2022 г. на Северо-Западе России случилось массовое размножение ягодного клопа, аналогов которому не было на протяжении последнего десятилетия. Это позволило детализированно изучить некоторые вопросы его биологии и вредоносности на зерновых культурах. Цель исследования заключалась в определении пищевой специализации, многолетней динамики численности, сезонного развития и вредоносности ягодного клопа в посевах зерновых культур на Северо-Западе РФ. С этой целью проводили регулярные кошения энтомологическим сачком, приуроченные к фенологическому развитию культурных растений, общее количество которых составило 2544, из них на зерновых культурах 1380. Оценку вредоносности ягодного клопа проводили на тритикале озимой путем простого сопоставления массы поврежденных и неповрежденных зерновок. По результатам исследований выявлено, что посевы зерновых культур заселялись в большей степени, чем агроценозы других культур. Среди зерновых культур наиболее заселяемой культурой оказалась тритикале озимая, а наименее – рожь озимая. Максимум численности ягодного клопа приходился на период созревания зерновых культур, когда в посевах преимущественно встречались личинки разных возрастов, питающиеся на зерновках. Изучение топической приуроченности показало, что наибольшее количество укулов располагалось в средней части зерновки и преимущественно на бочках (75,0 %). Анализ убранный урожай тритикале озимой выявил, что поврежденность зерна ягодным клопом составляла 6,4 %, из них по 1–2 баллу – 5,0 %, по 3 баллу – 1,4 %. В зависимости от балла повреждения снижение массы одной зерновки составляло от 6,6 до 18,2 мг (13,2–36,5 %), урожайности – 0,061 т/га (1,2 %). Таким образом, несмотря на высокую плотность заселения посевов тритикале озимой ягодным клопом в условиях 2022 г., доля поврежденных зерновок и степень их повреждения, как и общая величина потерь урожая, оказались низкими, а значит, применение инсектицидов являлось нецелесообразным.

Ключевые слова: зерновые культуры, ягодный клоп, сезонное развитие, динамика численности, поврежденность зерновок, вредоносность.

Для цитирования: Шпанев А. М., Капусткина А. В. Особенности развития и вредоносность ягодного клопа в посевах зерновых культур на Северо-Западе России // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 5. С. 105–111. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-105-111.



FEATURES OF DEVELOPMENT AND HARMFULNESS OF THE BERRY BUG IN GRAIN CROPS IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

A. M. Shpanev, Candidate of Biological Sciences, leading researcher, of the laboratory of integrated plant protection ashpanev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4346-318X;
A. V. Kapustkina, Candidate of Biological Sciences, researcher, of the laboratory of agricultural entomology, aleksandrakapustkina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8943-6841
FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection,
196608, St. Petersburg, Pushkin, Podbelsky Av., 3

In 2022, a mass propagation of the berry bug occurred in the North-West of Russia, which had no analogues over the past decade. This made it possible to study in detail some issues of its biology and harmfulness on grain crops. The purpose of the current study was to determine food specialization, long-term population dynamics, seasonal development, and harmfulness of the berry bug in grain crops in the North-West of the Russian Federation. For this purpose, there was carried out regular mowing with an entomological net, timed to coincide with the phenological development of cultivated plants, the total number of which was 2544, of which 1380 were on grain crops. The estimation of the harmfulness of the berry bug was carried out on winter triticale by simply comparing the mass of damaged and undamaged caryopses. According to the study results, there has been revealed that grain crops were populated to a greater extent than agrocenoses of other crops. Among grain crops, winter triticale turned out to be the most populated crop, and winter rye was the least populated. The maximum number of berry bug occurred during the period of maturation of grain crops, when larvae of different ages feeding on caryopses were predominantly found in the crops. The study of topical confinement showed that the largest number of bugs' pricks were located in the middle part of the caryopsis and mainly on the sides (75.0 %). Analysis of the harvested crop of winter triticale revealed that damage to the grain caused by berry bug was 6.4 %, 5.0 % of which 1–2 points, 1.4 % of which 3 points. Depending on the damage scale, the decrease in 1 caryopses weight was from 6.6 to 18.2 mg (13.2–36.5 %), the yield was 0.061 ton/ha (1.2 %). Thus, despite the high density of winter triticale crops with berry bug in the conditions of 2022, the proportion of damaged caryopses and their damage degree, as well as the total yield loss, turned out to be low, which means that the use of insecticides was inappropriate.

Keywords: grain crops, berry bug, seasonal development, population dynamics, damage to caryopses, harmfulness.

Введение. Ягодный клоп (*Dolycoris baccarum* L.) известен как широкий полифаг, питающийся на большом числе кормовых растений. В литературе он упоминается как вредитель зерновых, масличных, овощных, технических и лекарственных культур (Лычковская и Николаева, 2011; Филипчук и др., 2017; Ширинян и др., 2018; Плотникова и др., 2019). Кормовыми растениями являются виды сорных растений семейств Сложноцветные (осот полевой, полынь обыкновенная, мать-и-мачеха обыкновенная, мелкопестник канадский), Крестоцветные (пастушья сумка обыкновенная, сурепица обыкновенная, свербига восточная), Подорожниковые (вероника полевая, льнянка обыкновенная), Злаковые (пырей ползучий), Бобовые (горошек мышиный), Зонтичные (сныть обыкновенная), Гречишные (щавель конский), а также древесная и кустарниковая растительность (крушина ломкая, клены, рябина обыкновенная, осина, лещина обыкновенная, береза, ива, кирказон обыкновенный, дуб черешчатый) (Лычковская и Николаева, 2011).

Распределение особей ягодного клопа по различным кормовым растениям происходит после выхода с мест зимовки. На зерновых культурах ягодный клоп встречается в значительно меньшем количестве, чем на других дикорастущих и культурных растениях, поэтому принято считать, что его роль как вредителя зерновых невелика. При этом вредоносность этого вида на всех фазах спелости зерновки значительно ниже других видов клопов. Это связано с тем, что у ягодного клопа длина стилетов, их хитинизация, «вооружение» апикальной части ротового аппарата и активность пищеварительных ферментов намного слабее, чем у клопов рода *Eurygaster* и *Aelia*. Все это свидетельствует в пользу того, что данный вид недостаточно приспособлен к постоянному питанию зерновками зерновых культур (Павлюшин и др., 2015).

В посевах зерновых культур Северо-Западного региона личинки и имаго ягодного клопа встречаются регулярно, но обычно в низкой численности, предпочитая другие кормовые растения. Однако в отдельные годы на некоторых полях зерновых может наблюдаться повышенное обилие клопов данного вида. Последний такой случай, по всем параметрам соответствующий массовому размножению, произошел в 2022 г., который заставил по-новому обратить внимание исследователей на ягодного клопа как потенциального вредителя зерновых культур.

Уместно упомянуть о расширении ареалов и повышении вредоносности растительоядных клопов-щитников, в том числе ягодного клопа, на территории нашей страны и в других странах Европы в последние годы (Haye et al., 2015; Panizzi, 2015; Leskey and Nielsen, 2018; Карпун и др., 2022). Серьезную проблему ягодный клоп представляет при возделывании красной чечевицы на юго-востоке Турции (Mutlu et al., 2018) и для целого ряда культур

в Азербайджане (Mammedova and Mustafaeva, 2021).

Цель исследований заключалась в определении пищевой специализации, многолетней динамики численности, сезонного развития и вредоносности ягодного клопа в посевах зерновых культур на Северо-Западе РФ.

Материалы и методы исследований. Изучение отмеченных аспектов биологии ягодного клопа велось на протяжении 2012–2022 гг. в агроценозах разных сельскохозяйственных культур на Меньковском филиале Агрофизического НИИ, расположенном в Гатчинском районе Ленинградской области. С этой целью проводили регулярные кошени энтомологическим сачком, приуроченные к фенологическому развитию культурных растений. Один учет состоял из 6–12 проб по 10 взмахов сачком каждая. Ежегодное количество учетов за период вегетации пшеницы озимой и яровой, тритикале озимой и яровой, овса посевного составляло 9, ржи озимой – 8–10, ячменя ярового – 7–9, рапса ярового – 8–10, картофеля – 5–8, люпина узколистного – 4–5, многолетних трав – 4–5. Всего проведено 2544 кошений, из них на зерновых культурах 1380. Общие сборы особей ягодного клопа насчитывали 899 экз.

Отбор проб для анализа поврежденности зерна ягодным клопом проводили в соответствии с ГОСТами 13586.4-83 «Зерно. Методы определения зараженности и поврежденности вредителями» и 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных черепашкой; содержания металломагнитной примеси». Для определения количественных и качественных параметров поврежденности зерна тритикале озимой анализировали 500 зерен (5 проб по 100 зерен).

Дифференциацию степени повреждения зерновок оценивали по 5-балльной шкале с использованием метода инфракрасной микроскопии в соответствии с ГОСТом 33538-2015 «Защита растений. Методы выявления и учета поврежденных зерен злаковых культур клопами-черепашками».

Изучение топографической приуроченности питания клопов на зерновках тритикале озимой проводили с помощью инфракрасной микроскопии. Локализацию мест питания клопов разделяли: повреждения располагаются в прищитковой области спинки; повреждения, одновременно охватывающие прищитковую область спинки и бочков; повреждения бочков; повреждения, расположенные в апикальной (верхней) части зерновки (вблизи хохолка). При этом обращали внимание на форму повреждений, четкость их границ и интенсивность затемнения под инфракрасным микроскопом.

Оценку вредоносности ягодного клопа на тритикале озимой как более заселяемой

культуре проводили весовым способом: путем простого сопоставления массы поврежденных и неповрежденных зерновок, в том числе применительно к каждому баллу повреждения в отдельности.

Результаты и их обсуждение. Многолетние наблюдения за составом и соотношением видов членистоногих в растительном ярусе возделываемых культур позволили отнести ягодного клопа к группе растительноядных насекомых с низким обилием. По усредненным данным насчитывалось 0,06 экз./10 взм. сачком, в отдельные годы – от 0 до 0,24 экз./10 взм. Наиболее высокое обилие ягодного клопа пришлось на 2014 г., который характеризовался повышенным температурным режимом и которому предшествовали теплые годы с избыточным увлажнением. Единичные особи ягодного клопа встречались в агроценозах в самом холодном и достаточно сухом 2017 году. В следующем 2018 г., несмотря на то, что в целом были благоприятные гидротермические условия для развития ягодного клопа, нами не было обнаружено ни одной особи данного вида.

Анализ стациального распределения ягодного клопа показал, что данный вид преимущественно встречался в посевах зерновых культур, среди которых рожь озимая не заселялась практически совсем, и рапса ярового. Не являлись привлекательными для развития ягодного клопа поля, занятые многолетними травами (тимфеевка луговая и клевер красный), люпином узколистным и картофелем, несмотря на формирование в посадках большой

численности и фитомассы сорных растений. В посевах рапса ярового, период вегетации которого значительно более продолжительный, чем у других культур, в основном встречались взрослые особи клопа в фазы бутонизации, цветения и формирования стручков, но преимущественно на заключительном этапе созревания. Сюда они перелетали с соседних полей после их уборки, как в случае с зерновыми культурами. Однако данные 2014 г. дают ясное представление о том, что ягодный клоп в посевах рапса ярового проходит полный цикл развития. Редкие особи имаго клопа выявлялись кошнями в фазы бутонизации и цветения, в фазу желто-зеленой спелости преобладали личинки младших возрастов, а в желтую и полную спелость – старших возрастов (IV – 77,8 %, V – 13,9 %). На момент уборки урожая рапса продолжали оставаться в личиночной стадии 84,6 % клопов.

В посевах зерновых культур сезонная динамика численности ягодного клопа выглядела следующим образом. Единичные особи имаго насекомого встречались в фазы стеблевания, цветения и налива зерна, а начиная с фазы молочно-восковой спелости в кошнях попадали и личинки. Максимум численности ягодного клопа в 2012 и 2014 гг. приходился на заключительные фазы развития зерновых культур. При этом личинки имели численное превосходство над взрослыми особями, а значит, большая часть популяции данного вида насекомого не успевала закончить полный цикл развития (табл. 1, 2).

Таблица 1. Обилие ягодного клопа в агроценозах Ленинградской области
Table 1. Number of berry bug in the agroecosystems of the Leningrad region

Агроценозы	Численность особей, экз./10 взм.						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Озимая рожь	0	0	0	0	0	0	0
Озимая пшеница	0,19	–	0,04	0,04	–	–	–
Яровая пшеница	0,05	0	0,86	–	–	–	–
Яровой ячмень	0,10	0,13	0,14	0,07	0,04	0	0
Многолетние травы	–	–	–	–	0,02	0	0
Картофель	0	–	0,08	0,02	0,02	0	0
Яровой рапс	0,06	0,01	0,33	0,04	–	0,01	0
Люпин узколистный	–	–	–	–	0,03	0	–

Таблица 2. Обилие ягодного клопа по фазам развития зерновых культур в Ленинградской области (2012, 2014 гг.)
Table 2. Number of berry bug according to the development phases of grain crops in the Leningrad region (2012, 2014)

Фенофазы	Численность особей, экз./10 взм.					
	Пшеница озимая 2012 г.		Пшеница яровая 2014 г.		Ячмень яровой 2014 г.	
	имаго	лич.	имаго	лич.	имаго	лич.
Выход в трубку	0	0	0	0	0	0
Стеблевание	0	0	0,1	0	0,3	0
Колошение	0	0	0	0	0	0
Цветение	0	0	0	0	0	0
Налив зерна	0,2	0	0,1	0	0,2	0
Молочная спелость	0	0	0	0	0	0
Молочно-восковая спелость	0	0,3	0,1	0	0	0
Восковая спелость	0	0,5	0,4	1,9	0	0
Полная спелость	0	0,8	1,9	3,1	0	0,6

В период 2019–2021 гг. ситуация с развитием ягодного клопа была схожей с предыдущими годами, чего однозначно нельзя сказать в отношении 2022 года. Этот год отличался от всех предыдущих массовым размножением и высокой численностью особей данного вида в посевах зерновых культур. Усредненное за весь период вегетации обилие особей данного вида составляло 7,1, 1,9 и 4,2 экз./10 взм. в посевах тритикале озимой, тритикале яровой и овса посевного соответственно. Примечательно, что посевы ржи озимой, находящиеся в непосредственной близости с другими зерновыми культурами, слабо заселялись ягодным клопом даже в ситуации массового его размножения (0,2 экз./10 взм.). Наличие личинок разных возрастов в кошениях убеждает, что в агроценозе данной культуры осуществлялось полноценное развитие определенной части популяции ягодного клопа.

В фазу молочно-восковой спелости тритикале озимой насчитывалось 1,2 и 21,0 экз./10 взм. имаго и личинок соответственно, в фазу восковой спелости – 16,5 и 11,2 экз./10 взм. При достижении зерном полной спелости численность ягодного клопа снизилась в 5,5 раза по сравнению с предыдущей фазой, на долю личинок приходилось 36,7 % особей, что составляло 8,6 % от их максимального значения,

которые не успевали закончить свое развитие. Основная масса насекомого уже в имагинальной фазе перелетала на другие станции в поисках более пригодных для питания кормовых растений.

В стеблестое тритикале яровой присутствие ягодного клопа выражалось величинами, равными 1,0, 3,4, 7,3 и 5,7 экз./10 взм. соответственно в фазы молочной, молочно-восковой, восковой и полной спелости. Пик численности личинок приходился на фазу молочно-восковой спелости, как и у тритикале озимой, а в фазу полной спелости основная масса насекомого была представлена взрослыми особями (82,4 %). Схожая динамика численности ягодного клопа наблюдалась и в посевах овса, что указывает на синхронность развития данного вида в агроценозах яровых зерновых культур, тогда как на озимых отрождение личинок происходило на одну фазу раньше, и в фазу налива зерна они уже вылавливались кошениями. В фазу восковой спелости овса по количеству особей имаго уже преобладали над личинками (55,2 против 44,8 %). Данное соотношение сохранилось и на момент полной спелости при общем снижении численности ягодного клопа, составившем 3,9 раза. Не успевали закончить свое развитие 22,7 % личинок (табл. 3).

Таблица 3. Обилие ягодного клопа по фазам развития зерновых культур в Ленинградской области (2022 г.)
Table 3. Number of berry bug according to the development phases of grain crops in the Leningrad region (2022)

Фенофазы	Численность особей, экз./10 взм.					
	Тритикале озимая		Тритикале яровая		Овес посевной	
	имаго	лич.	имаго	лич.	имаго	лич.
Выход в трубку	0	0	0	0	0	0
Стеблевание	0,5	0	0,2	0	0,2	0
Колошение	0	0	0	0	0	0
Цветение	0	0	0	0	0	0
Налив зерна	1,7	0,8	0	0	0	0
Молочная спелость	3,0	3,0	0,2	0,8	0	3,7
Молочно-восковая спелость	1,2	21,0	1,2	2,2	3,2	8,8
Восковая спелость	16,5	11,2	6,0	1,3	9,7	7,8
Полная спелость	3,2	1,8	4,7	1,0	2,5	2,0

Ягодные клопы при питании зерном, как правило, делают один прокол. Наиболее часто этот вид размещает свои уколы на средней части бочков, однако наружный бочок подвергается более частым проколам, чем внутренний, что объясняется большей доступностью первого для насекомых. На верхней половине зерновок уколы значительно реже, еще реже они бывают на хохолке. Граница размещения укулов близко подходит к прищитковой зоне, однако в этой зоне они отсутствуют. Не встречаются укулы в щитке и зародыше. Повреждения, наносимые ягодными клопами, в фазе молочно-восковой спелости чаще всего достигают 3, 4 и 5 баллов, тогда как в фазе восковой спелости – 1, 2 и 3 баллов (Павлюшин и др., 2015).

Изучение топической приуроченности клопов при питании на зерновках озимой тритикале показало, что наибольшее количество укулов располагается в средней части эндосперма зерновки и преимущественно на бочках (75,0 %). Локализация повреждений в области спинки и бочков зерновки составляла 18,7 %, в прищитковой зоне спинки – 6,3 %. Повреждения зародыша и хохолка не отмечались. При этом под инфракрасным микроскопом было видно, что выявленные зоны повреждения не имеют характерного для клопов-черепашек интенсивного затемнения. В основном они были светло-серого и серого оттенков, что характерно для ягодного клопа (табл. 4 и рис.).

Таблица 4. Локализация укулов ягодного клопа на зерновках тритикале озимой
Table 4. Localization of berry bug pricks on winter triticale caryopses

Проба	Количество зерновок, шт.	Повреждено зерновок, шт.	Распределение укулов клопов по частям зерновки				
			спинка	спинка + бочок	бочки	вершина	зародыш, хохолок
1	100	4	0	1	3	0	0
2	100	4	0	1	3	0	0
3	100	6	0	1	5	0	0
4	100	10	2	2	6	0	0
5	100	8	0	1	7	0	0
Среднее	100	6,4	0,4	1,2	4,8	0,0	0,0



Повреждения зерновок тритикале озимой ягодным клопом
Damage to triticale winter grains caused by berry bugs

Анализ убранных урожаев тритикале озимой показал, что поврежденность зерна ягодным клопом составила 6,4 % со средневзвешенным баллом 0,11 единиц. При этом доля зерновок, поврежденных по 1–2-м баллам, составляла 78,1 %, по 3-м баллам – 21,9 %, зерновки с повреждением на уровне 4 и 5 баллов отсутствовали. В зависимости от балла повреж-

дения снижение массы одной зерновки составляло от 6,6 до 18,2 мг, или 13,2–36,5 %. С учетом доли поврежденных зерен урожайность в равной степени снижалась от 1 и 3 баллов, в целом от укулов, наносимых ягодным клопом в период созревания тритикале озимой, на 0,061 т/га (1,2 %) (табл. 5).

Таблица 5. Вредоносность повреждений, наносимых ягодным клопом зерновкам тритикале озимой
Table 5. Harmfulness of damage caused by berry bugs to winter triticale caryopses

Показатели	Масса 1 зерновки, мг	Снижение массы 1 зерновки по сравнению с контролем		Доля повр. зерен, %	Потери урожая	
		мг	%		т/га	%
Неповрежденные (контроль)	49,9	–	–	–	–	–
Поврежденные ягодным клопом	40,3	9,6	19,2	6,4	0,061	1,2
в том числе по баллам: 1	43,3	6,6	13,2	3,6	0,024	0,5
2	42,2	7,7	15,4	1,4	0,011	0,2
3	31,7	18,2	36,5	1,4	0,026	0,5

Выводы. Ягодный клоп является второстепенным вредителем зерновых культур на Северо-Западе РФ, для которого характерна низкая численность на протяжении большей части периода вегетации и некоторое ее увеличение в период созревания растений, когда имаго и личинки наносят повреждения зерновкам. В отдельные годы наблюдается значительное увеличение плотности популяции насекомого и в фазу восковой спелости зерновых культур может насчитываться 7–28 экз./10 взм. сачком. Наиболее заселяемой культурой являлась тритикале озимая, наименее – рожь озимая.

Оценка вредоносности показала, что, несмотря на высокую плотность заселения посевов тритикале озимой ягодным клопом в условиях 2022 г., доля поврежденных зерновок (6,4 %) и степень их повреждения (1–3 балла),

как и общая величина потерь урожая (0,061 т/га, 1,2 %), оказались низкими.

Применение инсектицидов в защите зерновых культур от ягодного клопа не является целесообразным даже в годы массового размножения насекомого. Однако в условиях более раннего заселения посевов зерновых культур или повышенного температурного режима в период созревания, когда будут преобладать повреждения зерновок с высоким баллом, может возникнуть необходимость в проведении оперативных защитных мероприятий с использованием инсектицидов.

Среди прочего, дальнейший интерес представляют исследования в отношении вредоносности повреждений ягодным клопом озимой и яровой пшеницы, в том числе не только количественных, но и качественных показателей урожая.

Во-первых, численность вредителя, вероятно, может быть еще более высокой, при этом сезонная динамика может сдвигаться в сторону более раннего заселения зерновых культур, а значит, в посеве могут преобладать повреждения зерновок с высоким баллом. Во-вторых, на яровых зерновых культурах вопрос вредности пока не изучен, и здесь он может

оказаться более значимым. В-третьих, особый интерес представляет изучение вредности повреждений ягодным клопом пшеницы, как озимой, так и яровой, которая оказалась не охвачена нашими исследованиями в силу отсутствия посевов в 2022 г. в конкретном месте изучения.

Библиографические ссылки

1. Карпун Н.Н., Борисов Б.А., Журавлева Е.Н., Борисова И.П., Надыкта В.Д., Мусолин Д.Л. Расширение ареалов и повышение вредности растительных клопов-щитников (Heteroptera: Pentatomidae) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57 (3), С. 542–554. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.3.542rus
2. Лычковская И.Ю., Николаева А.М. Трофические связи полужесткокрылых насекомых, питающихся на рапсе // Аграрная наука. 2011. № 5. С. 11–12.
3. Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нefeldова Л.И., Капусткина А.В. Вредная черепашка и другие хлебные клопы. СПб: ВИЗР, 2015. 280 с.
4. Плотникова Т.В., Саломатин В.А., Пушня М.В., Исмаилов В.Я., Снесарева Е.Г., Родионова Е.Ю. Распространенность клопов-пентатомид (Heteroptera, Pentatomidae) на табаке и разработка приемов биологической борьбы с ними // Успехи современного естествознания. 2019. № 2. С. 30–34. DOI: 10.17513/use.37053
5. Филиппчук О.Д., Быкова О.А., Тхаганов Р.Р. Фитосанитарное состояние лекарственных культур юга России // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3 (11). С. 47–53.
6. Ширинян Ж.А., Пушня М.В., Родионова Е.Ю., Снесарева Е.Г., Исмаилов В.Я. Восстановление биоценотической регуляции в посевах зерновых культур с помощью естественного воспроизводства природных энтомофагов // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 5. С. 1070–1079. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1070rus
7. Hays T., Garipey T., Hoelmer K., Rossi J.-P., Streito J.-C., Tassus X., Desneux N. Range expansion of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide // Journal of Pest Science. 2015. Vol. 88, P. 665–673. DOI: 10.1007/s10340-015-0670-2
8. Leskey T.C., Nielsen A.L. Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology and management // Annual Review of Entomology. 2018. Vol. 63, P. 599–618. DOI: 10.1146/annurev-ento-020117-043226
9. Mammedova T.R., Mustafaeva E.F. Study of Pentatomidae (Heteroptera) species distributed in different regions of Azerbaijan // Agrarian Science. 2021. № 10. P. 74–77. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-74-77
10. Mutlu C., Buyuk M., Eren S., Karaca V., Duman M., Bayram Y. Management of the Stink Bugs *Dolycoris baccarum* (L.) and *Piezodorus lituratus* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae), and Chalky Spot Damage on Red Lentil in Southeast Anatolia Region, Turkey // Journal of the Kansas Entomological Society. 2018. Vol. 91(1), P. 40–50. DOI: 10.2317/0022-8567-91.1.40
11. Panizzi A.R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): Species invasive to the U.S. and potential Neotropical invaders // American Entomologist. 2015. Vol. 61(4), P. 223–233. DOI: 10.1093/ae/tmv068

References

1. Karpun N.N., Borisov B.A., Zhuravleva E.N., Borisova I.P., Nadykta V.D., Musolin D.L. Rasshirenije arealov i povyshenie vrednosnosti rastitel'noyadnykh klopov-shchitnikov (Heteroptera: Pentatomidae) [Expansion of ranges and increase in harmfulness of herbivorous shield bugs (Heteroptera: Pentatomidae)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2022. T. 57 (3), S. 542–554. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.3.542rus
2. Lychkovskaya I. Yu., Nikolaeva A.M. Troficheskie svyazi poluzhestkokrylykh nasekomykh, pitayushchikhsya na rapse [Trophic relationships of hemipteran insects feeding on rapeseed] // Agrarnaya nauka. 2011. № 5. S. 11–12.
3. Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefeldova L.I., Kapustkina A.V. Vrednaya cherepashka i drugie khlebye klopy [Harmful bug bug and other bread bugs]. SPb: VIZR, 2015. 280 s.
4. Plotnikova T.V., Salomatin V.A., Pushnya M.V., Ismailov V. Ya., Snesareva E. G., Rodionova E. Yu. Rasprostranennost' klopov-pentatomid (Heteroptera, Pentatomidae) na tabake i razrabotka priemov biologicheskoi bor'by s nimi [The prevalence of pentatomid bugs (Heteroptera, Pentatomidae) on tobacco and the development of methods for their biological control] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. № 2. S. 30–34. DOI: 10.17513/use.37053
5. Filipchuk O.D., Bykova O.A., Tkhaganov R.R. Fitosanitarnoe sostoyanie lekarstvennykh kul'tur yuga Rossii [Phytosanitary state of medicinal crops in the south of Russia] // Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2017. № 3 (11). S. 47–53.
6. Shirinyan Zh. A., Pushnya M.V., Rodionova E. Yu., Snesareva E.G., Ismailov V.Ya. Vosstanovlenie biotsenoticheskoi regulyatsii v posevakh zernovykh kul'tur s pomoshch'yu estestvennogo vosproizvodstva prirodnykh entomofagov [Restoration of biocenotic regulation in grain crops with the help of natural reproduction of natural entomophages] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2018. T. 53, № 5. S. 1070–1079. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1070rus.

7. Haye T., Garipey T., Hoelmer K., Rossi J.-P., Streito J.-C., Tassus X., Desneux N. Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide // *Journal of Pest Science*. 2015. Vol. 88, P. 665–673. DOI: 10.1007/s10340-015-0670-2
8. Leskey T. C., Nielsen A. L. Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology and management // *Annual Review of Entomology*. 2018. Vol. 63, P. 599–618. DOI: 10.1146/annurev-ento-020117-043226
9. Mammedova T.R., Mustafaeva E.F. Study of Pentatomidae (Heteroptera) species distributed in different regions of Azerbaijan // *Agrarian Science*. 2021. № 10. P. 74–77. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-74-77
10. Mutlu C., Buyuk M., Eren S., Karaca V., Duman M., Bayram Y. Management of the Stink Bugs *Dolycoris baccarum* (L.) and *Piezodorus lituratus* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae), and Chalky Spot Damage on Red Lentil in Southeast Anatolia Region, Turkey // *Journal of the Kansas Entomological Society*. 2018. Vol. 91(1), P. 40–50. DOI: 10.2317/0022-8567-91.1.40
11. Panizzi A.R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): Species invasive to the U.S. and potential Neotropical invaders // *American Entomologist*. 2015. Vol. 61(4), P. 223–233. DOI: 10.1093/ae/tmv068

Поступила: 09.04.23; доработана после рецензирования: 24.07.23; принята к публикации: 24.07.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шпанев А. М. – проведение систематических учетов численности ягодного клопа в агроценозах на протяжении всего периода исследований, статистическая обработка, анализ и интерпретация данных; подготовка рукописи; Капусткина А. В. – проведение оценки зерна озимой тритикале на поврежденность ягодным клопом (в соответствии с ГОСТом 33538-2015), изучение топографической приуроченности клопов на зерне; анализ полученных данных по поврежденности и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К РОСТОВСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ ТВЕРДОЙ ГОЛОВНИ

Т. Г. Дерова, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-00017969-054X;

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;

Н. Е. Самофалова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В статье представлены результаты изучения устойчивости сортов озимой твердой пшеницы к возбудителю твердой головни в условиях инфекционных фонов. Цель исследований – поиск новых источников устойчивости озимой твердой пшеницы к твердой головне в условиях искусственной инокуляции и их использование в селекционных программах. В период 2010–2022 гг. ежегодно изучалось более 100 сортов и образцов. По результатам 2010 г. практически устойчивые сорта конкурсного (КСИ) и межстанционного (МСИ) сортоиспытания составили 1,4 и 6,7 % от изучаемых. Основная масса представлена средневосприимчивыми и восприимчивыми сортами. К 2015 г. среди селекционных образцов практически устойчивые и слабовосприимчивые составили 12,5 и 15,0 %. В 2022 г. количество практически устойчивых увеличилось до 26,9 %, а слабовосприимчивых – до 27,9 %. Выделены источники устойчивости к возбудителю ростовской популяции твердой головни. После привлечения в селекционный процесс таких источников устойчивости, как Дельта одесская, Перлина одесская, Днепряна, Кермен и др., в АНЦ «Донской» созданы сорта с практической устойчивостью к патогену – Агат Донской, Лазурит, Кремона, Ониск. В дальнейшем при обновлении исходного материала изучены новые сорта МСИ и выявлены устойчивые к твердой головне: Посейдон, Прибуткова, Андромеда, Живица, Прикумская 142, Харьковская 32 и др. С использованием ряда из них в гибридизации в результате многолетних отборов созданы новые сорта озимой твердой пшеницы с практической устойчивостью, слабой и средней восприимчивостью к головне: Юбилярка, Золото Дона, Лакомка, Динас, Солнцедар, Каротинка, Графит и др. Среди образцов КСИ также выделены ряд линий с устойчивостью к твердой головне: 1273/19, 335/20, 893/20, 1383/20 и др. Выделенные источники и созданные устойчивые к патогену сорта рекомендуются для использования в селекционных программах по озимой твердой пшенице.

Ключевые слова: озимая твердая пшеница, твердая головня, устойчивость, инфекционный фон.

Для цитирования: Дерова Т. Г., Шишкин Н. В., Самофалова Н. Е. Изучение исходного материала и его использование в селекции озимой твердой пшеницы на устойчивость к ростовской популяции возбудителя твердой головни // Зерновое хозяйство России. Т. 15, № 5. С. 112–118. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-112-118.



STUDY OF THE INITIAL MATERIAL AND ITS USE IN WINTER DURUM WHEAT BREEDING FOR RESISTANCE TO THE ROSTOV POPULATION OF THE SMUT PATHOGEN

T. G. Derova, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-00017969-054X;

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;

N. E. Samofalova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The current paper has presented the study results of the resistance of winter durum wheat varieties to the causative agent of smut under infectious background conditions. The purpose of the study was to identify new sources of smut resistance of winter durum wheat under conditions of artificial inoculation and their use in breeding programs. In the period from 2010–2022 there were studied annually more than 100 varieties and samples. According to the results of 2010, practically resistant varieties of Competitive (CVT) and Interstation Variety Testing (IVT) amounted to 1.4 and 6.7 % of those studied. The bulk has been represented by moderately susceptible and susceptible varieties. By 2015, among the selection samples, practically resistant and slightly susceptible ones amounted to 12.5 and 15.0 %. In 2022, the number of practically resistant ones increased to 26.9%, and weakly susceptible ones raised to 27.9 %. There have been identified the sources of resistance to the Rostov population of the smut pathogen. After introducing into the breeding process such sources of resistance as ‘Delta Odesskaya’, ‘Perlina Odesskaya’, ‘Dnepryana’, ‘Kermen’, etc., there have been developed the varieties ‘Agat Donskoy’, ‘Lazurit’, ‘Kremona’, ‘Oniks’ with practical resistance to the pathogen at the ARC “Donskoy”. Subsequently, when updating the initial material, there have been studied the new varieties of MSI and there have been identified such smut-resistant varieties as ‘Poseidon’, ‘Pributkova’, ‘Andromeda’, ‘Zhivitsa’, ‘Prikumskaya 142’, ‘Kharkovskaya 32’, etc. Using several of them in

hybridization, because of many years of selection, there have been developed new winter durum wheat varieties with practical resistance, weak and medium susceptibility to smut, such as 'Yubilyarka', 'Zoloto Dona', 'Lakomka', 'Dinas', 'Solntsedar', 'Karotinka', 'Grafit', etc. Among the CVT samples there have been also identified such lines with smut resistance as '1273/19', '335/20', '893/20', '1383/20', etc. The identified sources and the developed pathogen-resistant varieties are recommended for use in breeding programs for winter durum wheat.

Keywords: winter durum wheat, durum smut, resistance, infectious background.

Введение. В условиях интенсивного земледелия важнейшим фактором, ограничивающим рост урожая и снижения качества продукции, являются болезни. К наиболее распространенным болезням зерновых культур относятся головневые, изучению которых посвящены многие сотни работ и предложены достаточно эффективные меры борьбы, но твердая головня и в настоящее время остается одним из наиболее вредоносных заболеваний озимой пшеницы, в том числе и озимой твердой (*Triticum durum*) (Borgen, 2016; Sharma et al., 2015). По зарубежным исследованиям, при разработке способов контроля за твердой головней отмечается, что этот патоген является одним из самых сложных (Шабатуков и др., 2019; Khromova et al., 2019).

В связи с тем, что озимая твердая пшеница является незаменимым источником сырья для макаронно-крупяной промышленности, то для этой культуры в органическом земледелии необходимо использование только бесpestицидных технологий ее выращивания. А для этого необходимы сорта пшеницы, устойчивые к возбудителям твердой головни *Tilletia caries* (DC.) Tul. и *T. levis* Kühn. Биологический цикл и симптомы проявления этих видов одинаковы, различия их в строении спор. По способу заражения пшеницы твердая головня относится к группе возбудителей, заражающих растения в период прорастания семян, и споры ее могут сохраняться на поверхности семян или внутри их. В системе противоголовневых мер создание и внедрение в производство устойчивых и слабо восприимчивых к болезням сортов является первоочередной задачей селекционеров наряду с повышением урожайности и качества зерна (Безуглая и др. 2022; Дубровская, 2020). Недостаточное количество генетически разнообразных источников и доноров устойчивости является одной из основных проблем селекции на устойчивость к твердой головне.

По мнению ряда ученых (Аблова, и др., 2007), твердая пшеница относится к группе менее повреждаемых твердой головней видов пшениц. Тестирование на искусственных фонах сортов озимой мягкой пшеницы показало, что значительное число их, высеваемых на полях региона без протравливания фунгицидами, поражаются твердой головней. Так, проведенный нами скрининг коллекционного материала и сортов межстанционного сортоиспытания озимой мягкой пшеницы на устойчивость к основным болезням пшеницы показал, что среди коллекций, устойчивых к твердой головне, выявлено 3,8 % среди изученных, а среди сортов МСИ – 7,0 % (Дерова и др., 2018).

По озимой твердой пшенице таких детальных работ по оценке устойчивости исходного материала к твердой головне не проводилось. Исследования, направленные на скрининг и комплексное изучение нового исходного материала среди озимой твердой пшеницы в условиях искусственного заражения патогеном, являются актуальными. В связи с этим целью наших исследований является поиск новых источников устойчивости озимой твердой пшеницы к твердой головне в условиях искусственной инокуляции растений и их использование в селекционных программах.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили на инфекционном участке лаборатории иммунитета ФГБНУ «АНЦ «Донской». Для получения стабильных данных при выполнении поставленной цели необходимость использования инфекционных фонов также исходит из климатических условий нашего региона, который по метеоданным характеризуется как резко континентальный. Для успешного заражения семян спорами твердой головни ежегодно при посеве заспоренных семян оптимальной является температура воздуха 5–16 °С и достаточная обеспеченность почвы влагой. Температура ниже 5 и выше 16 °С резко снижает процент проникновения спор в проростки. Инфекционный питомник пространственно изолирован от производственных и селекционных посевов. Севооборот 2-польный (пар – озимая пшеница). Объектом исследования служила ростовская популяция возбудителя твердой головни, собранная с сортов озимой твердой пшеницы. Материалом для исследований служили образцы лаборатории селекции озимой твердой пшеницы конкурсных (КСИ) и межстанционного испытаний (МСИ), в котором изучались сорта из других научных учреждений. За годы испытаний ежегодно изучали более 100 сортов и образцов.

Подготовка инокулюма заключалась в измельчении головневых мешочков (сорусов) в мельнице МРП-2 и просеивании через густое сито. Заспорение семян пшеницы проводили за 10 дней до посева. Навеску хламидоспор помещали в пакет с семенами (100 зерен каждого образца), встряхивали в течение 2–3 мин (Койшибаев, 2018). Посев инокулированными семенами проводили ручными сажалками в конце оптимальных для данного региона сроков, высевая всю схему опыта в один день. Семена высеивали на глубину 6–8 см. Опыт закладывали в двукратной повторности на однорядковых делянках длиной 1 м.

Результаты исследований в статье представлены поэтапно. Для контроля качества инокуляции и проявления заболевания высе-

вали через каждые 20 номеров восприимчивые тест-сорта озимой твердой пшеницы Ласка (2010–2015 гг.) и Теяя (2016–2022 гг.).

Для успешного внедрения твердой головки в проросток и дальнейшего развития в растении важное значение имеют оптимальные и близкие к оптимальным условия внешней среды осенью при посеве опытов. Погодные условия в различные годы в период посева и всходов растений были разными: от неблагоприятных (засушливые условия в конце сентября и октябре 2009, 2010, 2011, 2016, 2019, 2021 гг., и как итог – слабое и среднее проявление твердой головки в 2010, 2011, 2012, 2017, 2020, 2022 гг.), до благоприятных (пониженные температуры и достаточная влагоемкость почвы в период посева и всходов семян в 2012, 2013, 2014, 2017, 2018, 2020 гг. и, соответствен-

но, максимальное поражение сортов и образцов в 2013, 2014, 2015, 2018, 2019, 2021 гг.). Многолетнее изучение сортов и образцов озимой твердой пшеницы в отличающиеся по условиям среды годы позволило достоверно оценить и классифицировать их по типам устойчивости.

Учет поражения образцов твердой головной осуществляли в конце фазы восковой спелости зерна, срезая все стебли и анализируя все колосья в снопах на здоровые и пораженные в любой степени. Процент поражения образца определяли отношением количества больных колосьев к общему их числу. Все пораженные сорта согласно шкале В.И. Кривченко и А.П. Хохлова (2008) распределяли на 5 типов устойчивости (табл. 1).

Таблица 1. Дифференциация сортов на типы устойчивости для твердой головки пшеницы (*Tilletia tritici*)
Table 1. Differentiation of the varieties according to wheat smut resistance types (*Tilletia tritici*)

Поражение 0 %	Высокая устойчивость
Поражение до 10 %	Практическая устойчивость
Поражение до 25 %	Слабая восприимчивость
Поражение до 50 %	Средняя восприимчивость
Поражение свыше 50 %	Высокая восприимчивость

Результаты и их обсуждение. В процессе проведения исследований с различными сортами в разные годы у ряда сортов наблюдалось изменение степени поражения растений в зависимости от влагообеспеченности, темпера-

туры, плодородия почв и других экологических условий. В результате проведенных исследований выполнено распределение образцов по типам устойчивости к твердой головне (рис. 1).

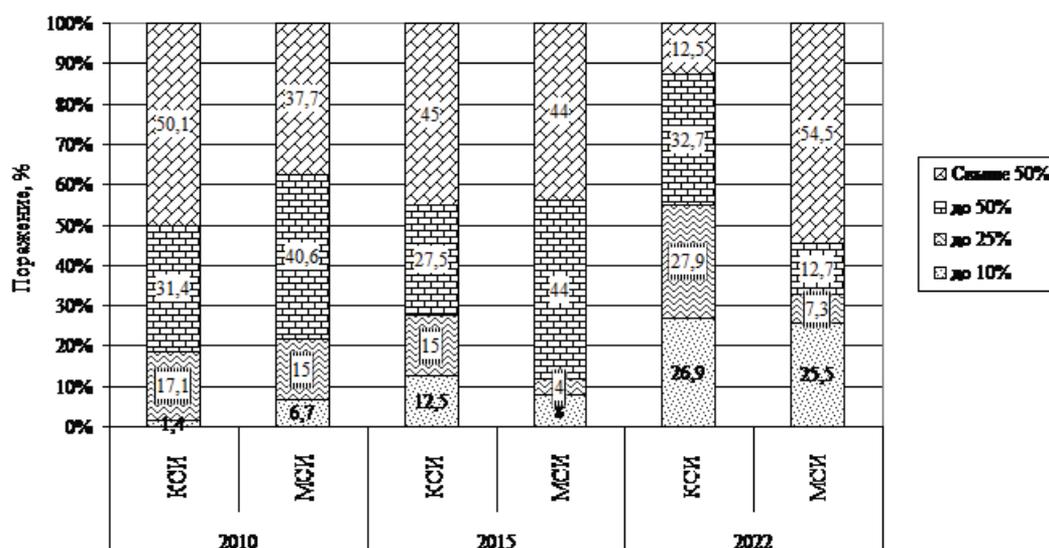


Рис. 1. Распределение образцов озимой твердой пшеницы по устойчивости к твердой головне (2010–2022 гг.)
Fig. 1. Distribution of winter durum wheat samples according to smut resistance (2010 – 2022)

В 2010 г. количество практически устойчивых сортов как среди селекционного материала в КСИ, так и сортов МСИ озимой твердой пшеницы было наименьшим и составило лишь 1,4 и 6,7 %. Доля слабовосприимчивых сортов

составляла 17,1 и 15,0 %. Основную массу сортов составляли средневосприимчивые и восприимчивые – 31,4,0 и 40,6 % и 50,1 и 37,7 % соответственно.

В 2015 г. среди селекционных образцов количество практически устойчивых и слабОВОсприимчивых к твердой головне увеличилось до 12,5 и 15,0 %. В МСИ твердой пшеницы доли практически устойчивых и слабОВОсприимчивых сортов изменялись согласно количеству таковых среди ежегодно поступающих новых сортов.

По результатам изучения в 2022 г. доля практически устойчивых сортов среди селекционного материала твердой пшеницы увеличилась и составляла 26,9 %, а слабОВОсприимчивых – 27,9 %. Сильно восприимчивые сорта в 2022 г. составили лишь 12,5 %. Все это позво-

лило прийти к заключению, что при селекции озимой твердой пшеницы уделяется должное внимание в создании практически устойчивых и слабОВОсприимчивых к твердой головне сортов.

Такой прогресс в селекции на устойчивость озимой твердой пшеницы к твердой головне обеспечивается поиском, выделением и привлечением в селекционной работе новых источников устойчивости. По результатам изучения исходного материала в 2010–2016 гг. выделены такие сорта, как Дельта одесская, Перлина одесская, Днепряна, Кермен, Уния, Айсберг одесский, Алый парус и др. (табл. 2).

Таблица 2. Сорта-источники устойчивости к твердой головне. Инфекционный фон (2010–2016 гг.)
Table 2. Source-varieties of smut resistance. Infectious background (2010–2016)

Сорт	Страна	Поражение, %, min	Поражение, %, max	Среднее за годы изучения, %
Янтарь Поволжья	Россия	4,1	36,4	20,4
Леукурум 21	Россия	11,3	39,4	24,0
Партенит	Украина	10,3	18,6	13,5
Айсберг одесский	Украина	15,9	26,8	22,4
Алый парус	Украина	11,4	35,1	25,2
Золотое руно	Украина	11,9	39,1	24,5
Кермен	Россия	9,8	34,5	16,9
Дельта одесская	Украина	6,6	22,4	16,9
Перлина одесская	Украина	12,2	27,4	16,4
Днепряна	Украина	13,2	24,1	17,8
Аргонавт	Украина	10,1	35,3	20,2
Тест-сорт Ласка, твердая	Россия	26,4	68,2	50,5

Все выделенные сорта в среднем проявили слабую восприимчивость к патогену по сравнению с восприимчивым тест-сортом озимой твердой пшеницы. Тест-сорт твердой пшеницы в неблагоприятные для патогена условия имел минимальное поражение 26,4 %, максимальное поражение его в оптимальные по погодным условиям годы составляло 68,2 %. Минимальные показатели устойчивых сортов составляли от 4,1 % (сорт Янтарь Поволжья) до 15,9 % (Айсберг одесский). Максимальное поражение этих сортов составляло от 18,6 % (сорт Партенит) до 39,4 % (сорт Леукурум 21). Наименьшие показатели в различных ус-

ловиях были у сорта Дельта одесская – 6,6 и 22,4 %.

Выделенные сорта в разные годы использовали в качестве родительских компонентов при создании таких сортов зерноградской селекции, как Агат донской, Лазурит, Оникс, Кремона. В родословной сортов Агат донской и Лазурит участвуют сорта Айсберг одесский и Алый парус, в сорте Кремона – Леукурум 21 и Янтарь Поволжья, в сорте Оникс – Айсберг одесский. В условиях, неблагоприятных для патогена, эти сорта проявляли практическую устойчивость, а в благоприятные годы характеризовались средней восприимчивостью (табл. 3).

Таблица 3. Реакция сортов озимой твердой пшеницы АНЦ «Донской» на заражение возбудителем твердой головни. Инфекционный фон (2010–2017 гг.)
Table 3. Reaction of winter durum wheat varieties of the ARC “Donskoy” to infection with the smut pathogen. Infectious background (2010–2017)

Сорт	Поражение, %		Среднее за годы изучения, %
	min	max	
Агат донской	4,8	26,1	14,8
Кремона	4,2	32,0	15,1
Лазурит	6,0	30,2	14,4
Оникс	4,7	28,4	18,0
Тест-сорт Ласка	26,4	68,2	50,5

За годы изучения (с 2010 по 2017 г.) минимальное поражение – 4,2 % и максимальное – 32,0 % имел сорт Кремона при среднем значении 15,1 %. Остальные сорта были близкими

по минимальным, максимальным и средним значениям процента поражения головней.

Создание сортов озимой твердой пшеницы, сохраняющих устойчивость длительное время

и отличающихся генетическим разнообразием, должно сопровождаться непрерывным пополнением, изучением и выделением нового исходного материала. Важное значение при этом имеет степень окультуренности привлекаемых доноров устойчивости и изученность их в конкретных условиях. Это особенно актуально для возбудителя твердой головни, так как популяции патогена не мигрируют на далекие расстояния, а развиваются и сохраняют-

ся в локальных очагах определенных территорий.

Для дальнейшего повышения уровня устойчивости создаваемых сортов к твердой головне в скрещивания привлекается как собственный материал из рабочей коллекции, так и вновь поступившие инорайонные сорта озимой твердой пшеницы, изученные и выделенные в 2016–2022 гг. в условиях искусственного заражения (табл. 4).

Таблица 4. Степень поражения твердой головней сортов МСИ озимой твердой пшеницы на инфекционном фоне (2016–2022 гг.)

Table 4. Smut damage degree of MSI winter durum wheat varieties. Infectious background (2016–2022)

Сорт	Страна	Поражение, %		Среднее за годы изучения, %
		min	max	
Харьковская 32	Украина	13,5	26,7	17,9
Прикумская 142	Россия	11,3	26,7	16,7
Кассиопея	Украина	4,0	46,7	22,0
Посейдон	Украина	3,2	10,6	6,9
Прибуткова	Украина	8,3	24,0	18,0
Андромеда	Украина	5,5	20,0	14,3
Шульдинка	Россия	12,6	29,6	20,7
Живица	Россия	9,5	36,6	23,7
Цитрина	Россия	9,4	15,4	12,4
Леукурум 3680 h 62	Россия	1,0	14,7	7,8
Босфор	Украина	8,7	12,3	10,5
Тест-сорт Тейя	Россия	28,6	66,0	57,1

Сорта Посейдон и Леукурум 3680 h 62 проявили практическую устойчивость, поражаясь в среднем на 6,9 и 7,8 % соответственно, в то время как тест-сорт Тейя поражен до 57,1 %. Остальные сорта отнесены к слабовосприимчивым к твердой головне со средними значениями от 10,5 % (сорт Босфор) до 23,7 % (сорт Живица).

В результате многократных отборов от скрещивания с выявленными новыми источниками

устойчивости, а также с сортами селекции «АНЦ «Донской» были созданы новые сорта озимой твердой пшеницы с практической устойчивостью или слабой и средней восприимчивостью к твердой головне: Юбилярка (среднее поражение 29,2 %), Лакомка (28,7 %), Динас (16,2 %), Золото Дона (35,5 %), Солнцедар (21,8 %), Алмаз Дона (11,4 %), Каротинка (13,4 %), Графит (8,8 %) (табл. 5).

Таблица 5. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по устойчивости к твердой головне, созданных в АНЦ «Донской» (2016–2022 гг.)

Table 5. Characteristics of winter durum wheat varieties for smut resistance, developed at the ARC "Donskoy" (2016–2022)

Сорт	Год передачи на ГСИ	Поражение, %		Среднее за годы изучения, %
		min	max	
Юбилярка	2016	9,4	39,1	29,2
Золото Дона	2017	17,4	42,6	35,5
Лакомка	2018	19,0	47,8	28,7
Динас	2018	8,4	30,4	16,2
Солнцедар	2019	5,8	31,8	21,8
Алмаз Дона	2019	8,0	18,2	11,4
Каротинка*	2022	4,9	21,8	13,4
Графит*	2022	4,8	12,7	8,8
Тест-сорт Тейя		28,6	66,0	57,1

Примечание. *КСИ – 2020–2022 гг.

В создании этих сортов участвуют устойчивые к ростовской популяции твердой головни сорта: в сорте Юбилярка – Харьковская 32, Янтарь Поволжья, в сортах Лакомка, Динас,

Алмаз Дона – Прикумская 142, в сортах Золото Дона – Агат донской, Солнцедар – Крупинка, Графит – Посейдон др. Непоражаемость в различной степени сортов твердой головней по-

ложительно влияет на основные селекционные признаки создаваемых сортов: продуктивность и качество твердой пшеницы.

В настоящее время селекционеры АНЦ «Донской» продолжают исследования по повышению устойчивости к изучаемой болезни вновь создаваемых сортов. В питомниках конкурсных испытаний 2022 г. из 104 сортов твердой пшеницы 26,9 % проявили практическую устойчивость к патогену. Это линии с показателями устойчивости к твердой головне: практически устойчивые 1273/19 (7,7 %), 335/20 (3,8 %), 893/20 (6,7 %), 1383/20 (9,0 %) и слабовосприимчивые 951/18 (17,8 %), 969/18 (12,6 %), 536/19 (14,4 %), 971/19 (13,2 %), 368/20 (11,5 %) и др. В родословных этих линий присутствуют как давно изученные (Агат донской, Крупинка, Оникс, Айсберг одесский и др.), так и новые источники устойчивости к твердой головне, выявленные в последние годы: Аргонавт, Каравелла, Акведук (Украина), Янтарь Поволжья, Леукурум 3077 h 20, Леукурум 3609 h 36 (Россия) и т.д.

Выводы. В результате проведенных в 2010–2022 гг. исследований по изучению исходного материала озимой твердой пшеницы установлен рост доли практически устойчи-

вых и слабовосприимчивых сортов и образцов к твердой головне, связанный с постоянным пополнением и изучением материала как собственной, так и инорайонной селекции. Если в 2015 г. практически устойчивые и слабо восприимчивые сорта составляли 2,5 и 8,0 % от изучаемых, в 2018 г. – 3,8 и 16,7 %, то в 2022 г. – 26,9 и 27,9 % соответственно.

Охарактеризованы по устойчивости к твердой головне сорта и линии озимой твердой пшеницы. В различные годы выделены источники слабой устойчивости к твердой головне: Дельта одесская – 16,9 %, Перлина одесская – 16,4 %, Днепряна – 17,8 %, Кермен – 16,9 %, Алый парус – 25,2 %, Прикумская 142 – 16,7 %, Харьковская 32 – 17,9 %, Посейдон – 6,9 % и др. На их основе и создан обширный селекционный материал, а также сорта озимой твердой пшеницы: Агат донской, Лазурит, Оникс, Юбилярка, Лакомка, Динас и др. с практической устойчивостью и слабой восприимчивостью к патогену, которые рекомендуется использовать в стратегии защиты культуры в производстве. Выявленные источники практической устойчивости рекомендованы для дальнейшей работы по повышению устойчивости твердой пшеницы к твердой головне.

Библиографические ссылки

1. Аблова И. Б., Беспалова Л. А., Левченко Ю. Г. Твердая головня пшеницы в агрофитоценозах Краснодарского края // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов: материалы 4 Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2007. С. 324–326.
2. Безуглая Т. С., Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Иванисова А. С., Кабанова Н. В., Копусь М. М. Перспективные сорта пшеницы твердой озимой и их семеноводство // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 2. С. 17–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2017-23
3. Дерова Т. Г., Шишкин Н. В., Павленко О. С. Устойчивость сортов и коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы к комплексу наиболее вредоносных болезней в условиях Нижнего Дона // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6 (60). С. 68–72.
4. Дубровская Н. Н. Высокая инфекционная нагрузка – фактор отбора наиболее эффективных фунгицидов для контроля развития возбудителя твердой головки пшеницы // The scientific heritage. 2020. № 51. С. 5–6.
5. Койшибаев М. К. Болезни пшеницы. Анкара, 2018. 394 с.
6. Кривченко В. И., Хохлова А. П. Головневые болезни зерновых культур // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: методическое пособие / под ред. Е. Е. Радченко. Москва, 2008. 433 с.
7. Шабатукоев А. Х., Шамурзаев Р. И., Хромова Л. М. Борьба с болезнями озимой пшеницы в Кабардино-Балкарии // Защита и карантин растений. 2019. № 11. С. 24–27.
8. Borgen A. Screening wheat varieties for resistance with purified virulence races of common bunt (*Tilletia caries*) // XIX International workshop on smuts and bunts. Book of abstracts. May 3–6, 2016. Izmir, Turkey. P. 27–28.
9. Khromova L. M., Malkandueva A. Kh., Shomakhov B. R., Shipsheva Z. L., Shabatukov A. Kh. Biodiversity of Pests in Grain Agrocenosis in Kabardino-Balkaria // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences. 2019. P. 920–928. DOI: 10.18502/kls.v4i14.5690
10. Sharma I, Tyagi BS, Singh G, Venkatesh K., Gupta O.P. Enhancing wheat production – A global perspective // The Indian Journal of Agricultural Sciences. 2015. Vol. 85(1). P. 3–13. DOI: 10.56093/ijas.v85i1.45935

References

1. Ablova I. B., Bepalova L. A., Levchenko Yu. G. Tverdaya golovnya pshenitsy v agrofytotsenozakh Krasnodarskogo kraya [Wheat smut in agrophytocenoses of the Krasnodar Area] // Agrotekhnicheskii metod zashchity rastenii ot vrednykh organizmov: materialy 4 Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Krasnodar 2007, S. 324–326.
2. Bezuglaya T. S., Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Ivanisova A. S., Kabanova N. V., Kopus' M. M. Perspektivnyye sorta pshenitsy tverdoi ozimoi i ikh semenovodstvo [Promising durum winter wheat varieties and their seed production] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 2. S. 17–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2017-23
3. Derova T. G., Shishkin N. V., Pavlenko O. S. Ustoichivost' sortov i kollektсионnykh obraztsov ozimoi myagkoi pshenitsy k kompleksu naibolee vredonosnykh boleznei v usloviyakh Nizhnego Dona

[Resistance of winter bread wheat varieties and collection samples to a complex of the most harmful diseases in the conditions of the Nizhny Don] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2018. № 6 (60). S. 68–72.

4. Dubrovskaya N.N. Vysokaya infektsionnaya nagruzka – faktor otbora naibolee effektivnykh fungitsidov dlya kontrolya razvitiya vzbuditelya tverdoi golovni pshenitsy [High infectious load is a factor to select the most effective fungicides to control the development of the pathogen of wheat smut] // *The scientific heritage*. 2020. № 51. S. 5–6.

5. Koishibaev M. K. Bolezni pshenitsy [Wheat diseases]. Ankara, 2018. 394 s.

6. Krivchenko V. I., Khokhlova A. P. Golovnevye bolezni zernovykh kul'tur // *Izuchenie geneticheskikh resursov zernovykh kul'tur po ustoychivosti k vrednym organizmam: metodicheskoe posobie* [Smut diseases of grain crops] / pod red. E. E. Radchenko. Moskva, 2008. 433 s.

7. Shabatukov A. Kh., Shamurzaev R. I., Khromova L. M. Bor'ba s boleznyami ozimoi pshenitsy v Kabardino-Balkarii [Winter wheat diseases' control in Kabardino-Balkaria] // *Zashchita i karantin rastenii*. 2019. № 11. S. 24–27.

8. Borgen A. Screening wheat varieties for resistance with purified virulence races of common bunt (*Tilletia caries*) // XIX International workshop on smuts and bunts. Book of abstracts. May 3–6, 2016. Izmir, Turkey. P. 27–28.

9. Khromova L. M., Malkandueva A. Kh., Shomakhov B. R., Shipsheva Z. L., Shabatukov A. Kh. Biodiversity of Pests in Grain Agroecosystem in Kabardino-Balkaria // *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences*. 2019. P. 920–928. DOI: 10.18502/kls.v4i14.5690

10. Sharma I, Tyagi BS, Singh G, Venkatesh K., Gupta O.P. Enhancing wheat production – A global perspective // *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2015. Vol. 85(1), P. 3–13. DOI: 10.56093/ijas.v85i1.45935

Поступила: 20.02.23; доработана после рецензирования: 26.09.23; принята к публикации: 06.10.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Дерова Т. Г., Шишкин Н. В., Самофалова Н. Е. – концептуализация исследования; Дерова Т. Г., Шишкин Н. В. – выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Дерова Т. Г., Самофалова Н. Е. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.