

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Т. 14, № 6. 2022 год

Учредитель: 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);
Голубова В. А. – зам. главного редактора, канд. биол. н. (Зерноград, Россия);
Донцова А. А. – ответственный секретарь, канд. с.-х. н. (Зерноград, Россия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Баталова Г. А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (Киров, Россия);
Беспалова Л. А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);
Волкова Г. В. – д-р биол. н., ФГБНУ «ВНИИБЗР» (Краснодар, Россия);
Гончаренко А. А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Давлетов Ф. А. – д-р с.-х. н., Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (Уфа, Россия).
Долженко В. И. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ВИЗР» (Санкт-Петербург, Россия);
Зезин Н. Н. – д-р с.-х. н., ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (Екатеринбург, Россия);
Костылев П. И. – д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Лобачевский Я. П. – академик РАН, д-р техн. н., проф., ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Москва, Россия);
Лукомец В. М. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФНЦ «ВНИИМК» (Краснодар, Россия);
Медведев А. М. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Пахомов В. И. – д-р техн. наук, доцент, ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Подколзин А. И. – д-р биол. н., проф., ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ» (Ставрополь, Россия);
Романенко А. А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);
Сандухадзе Б. И. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Сотченко В. С. – академик РАН, д-р с.-х. н., ФГБНУ «ВНИИ кукурузы» (Пятигорск, Россия);
Храмцов И. Ф. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «Омский АНЦ» (Омск, Россия);
Шевченко С. Н. – академик РАН, д-р с.-х. н., Самарский НИИСХ (Самара, Россия).

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Урбан Э. П. – д-р с.-х. н., член-корр. НАН., РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Жодино, Республика Беларусь);
Усенбеков Б. Н. – канд. биол. н., проф., Институт биологии и биотехнологии растений (Алматы, Республика Казахстан);
Халил Сурек – д-р н., Тракийский аграрный НИИ (Эдирне, Турция);
Юсупов Г. Ю. – канд. с.-х. н., Министерство сельского и водного хозяйства 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 06.01.00 – агрономия). 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 редакции и издательства: 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3.

Тел.: 8(86359) 43-6-89; e-mail: zhros.don@yandex.ru

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 00.07.2022

Дата выхода 28.12.2022. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 000

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

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

V. 14, № 6. 2022

The founder 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);
Golubova V. A. – deputy chief editor, Cand. Sci. (Biology) (Zernograd, Russia);
Dontsova A. A. – executive secretary, Cand. Sci. (Agriculture) (Zernograd, Russia).

EDITORIAL BOARD:

- Batalova G. A.**, Federal Agricultural Research Center of the East named N. V. Rudnitsky – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Kirov, Russia);
- Bespalova L. A.**, "P. P. Lukiyenko National Center of Grain" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
- Volkova G. V.**, All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection – Dr. Sci. (Biology) (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);
- Zezev N. N.**, Uralsky Research Institute of Agriculture – Dr. Sci. (Agriculture) (Ekaterinburg, Russia);
- Lobachevsky Ya. P.**, Federal Scientific Agroengineering Center VIM – Dr. Sci. (Technique), professor, academician of RAS (Moscow, Russia);
- Kostylev P. I.**, Dr. Sci. (Agriculture), professor, FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
- Lukomets V. M.**, Federal Scientific Center "V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
- Medvedev A. M.**, Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS (Odintsovo, Russia);
- Pakhomov V. I.**, Agricultural Research Center "Donskoy" – Dr. Sci. (Technology), docent (Zernograd, Russia);
- Podkolzin A. I.**, Stavropolsky State Agricultural University – Dr. Sci. (Biology), professor (Stavropol, Russia);
- Romanenko A. A.**, "P. P. Lukiyenko National Center of Grain" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
- Sandukhadze B. I.**, Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Odintsovo, Russia);
- Sotchenko V. S.**, All-Russian Research Institute of Maize – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Pyatigorsk, Russia);
- Khramtsov I. F.**, Omsk Agrarian Scientific Center – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Omsk, Russia);
- Shevchenko S. N.**, Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member 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), corresponding member of NAS (Zhodino, The Republic of Belarus);
- Usenbekov B. N.**, Institute of Plant biology and biotechnology – Cand. Sci. (Biology) (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 06.01.00 – Agronomy). 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, 3.

Tel.: 8(86359) 43-6-89; e-mail: zhros.don@yandex.ru

The journal is issued 6 times a year. Signed for publication 00.07.2022

The date of the issue is 28.12.2022. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No 000

Printed in Ltd "Amirit", 410004, Saratov, Chernyshevsky Str., 88

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. Влияние вегетационного периода на содержание белка в семенах коллекционных образцов гороха	5
Игнатьев С. А., Регидин А. А., Метлина Г. В., Кравченко Н. С., Горюнов К. Н. Продуктивность, кормовые качества и биоэнергетическая оценка возделывания сортов и перспективных линий эспарцета	11
Петраш Н. В., Орлова Е. А., Лихенко И. Е., Пискарев В. В. Изучение эффективности культуры пыльников <i>in vitro</i> сортов и гибридов мягкой пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> L.)	17
Жогалева О. С., Вожжова Н. Н., Шумская О. В., Дубина А. Ю., Иванисов М. М. Скрининг генов устойчивости к бурой ржавчине (Lr) у селекционных линий озимой мягкой пшеницы	23
Чайкин В. В., Тороп А. А., Тороп Е. А. Создание и характеристика сорта озимой ржи Таловская 45	29
Дорошенко Э. С., Филиппов Е. Г. Сравнительный анализ коллекционных образцов озимого ячменя в условиях Ростовской области	34
Збраилова Л. П., Лучкина Т. Н., Крат-Кравченко Е. А. Изучение коллекционных образцов кунжута в условиях Ростовской области	40
Костылев П. И., Краснова Е. В. Анализ расщепления гибрида риса второго поколения Бахус х Контакт	47
Айдиев А. Я., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Емельянова А. А., Логвинова Е. В. Результаты экологического испытания сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в условиях Курской области	54
Зезин Н. Н., Воробьев В. А., Воробьев А. В., Николаева З. Р. Приоритетная технология создания новых высокоурожайных сортов яровой мягкой пшеницы на Среднем Урале	59

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Васильченко С. А., Метлина Г. В. Эффективность гербицидной обработки на продуктивность гибрида кукурузы Зерноградский 354 МВ	64
Конищев А. А., Гарифуллин И. И. Влияние взаимодействия сорта яровой пшеницы с технологиями обработки почвы и дозами азотных удобрений на стабильность межгодовой урожайности	70
Тарчоков Х. Ш., Сарбашева А. И., Матаева О. Х. Эффективность гербицидов в борьбе с сорняками на посевах озимой пшеницы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии	77
Пахомов В. И., Червяков И. В., Коляничко А. А., Камбулов С. И., Мальцева Т. А. Сила связи зерна с колосом трититригии сорта Памяти Любимовой в фазу полной спелости	84
Корчагина И. А., Юшкевич Л. В. Особенности развития корневой гнили в агрофитоценозе пшеницы яровой при различных агротехнологиях в лесостепи Западной Сибири	90
Метлина Г. В., Васильченко С. А., Ковтунов В. В. Расход влаги сортами сорго зернового в зависимости от норм посева и способов посева в условиях южной зоны Ростовской области	97

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В. Оценка озимого ячменя на устойчивость к листовым болезням	103
--	-----

CONTENTS

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Ashiev A. R., Khabibullin K. N., Skulova M. V. The effect of a vegetation period on protein percentage in seed of the pea collection samples	5
Ignatiev S. A., Regidin A. A., Metlina G. V., Kravchenko N. S., Goryunov K. N. Productivity, feed quality and bioenergetic estimation of cultivation of the sainfoin varieties and promising lines	11
Petrash N. V., Orlova E. A., Likhenco I. E., Piskarev V. V. The study of the efficiency of anther culture <i>in vitro</i> of bread wheat varieties and hybrids (<i>Triticum aestivum</i> L.)	17
Zhogaleva O. S., Vozzhova N. N., Shumskaya O. V., Dubina A. Yu., Ivanisov M. M. Screening of leaf rust resistance genes (lr) in the breeding lines of winter bread wheat	23
Chaikin V. V., Torop A. A., Torop E. A. Development and characteristics of the winter rye variety 'Talovskaya 45'	29
Doroshenko E. S., Filippov E. G. Comparative analysis of the collection winter barley samples in the Rostov region	34
Zbrailova L. P., Luchkina T. N., Krat-Kravchenko E. A. Study of the collection sesame samples in the Rostov region	40
Kostylev P. I., Krasnova E. V. Splitting analysis of the second-generation rice hybrid 'Bakhus x Kontakt'	47
Aidiev A. Ya., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Emeljanova A. A., Logvinova E. V. Ecological testing results of the winter bread wheat varieties and lines developed in the FSBSI "ARC "Donskoy" in the Kursk region	54
Zezin N. N., Vorobiev V. A., Vorobiev A. V., Nikolaeva Z. R. Priority technologies for developing new highly productive varieties of spring bread wheat in the Middle Urals	59

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT BREEDING

Vasilchenko S. A., Metlina G. V. Efficiency of herbicide treatment for productivity of the maize hybrid 'Zernogradsky 354 MV'	64
Konitshev A. A., Garifullin I. I. The effect of correlation between a spring wheat variety with soil tillage technologies and doses of nitrogen fertilizers on the interannual yield stability	70
Tarchokov Kh. Sh., Sarbasheva A. I., Mataeva O. Kh. Herbicides' efficiency in a weed control on winter wheat sown in the steppe part of Kabardino-Balkaria	77
Pakhomov V. I., Chervyakov I. V., Kolin'ko A. A., Kambulov S. I., Maltseva T. A. Strength of the connection of kernels with an ear of the tritigria variety 'Pamyati Lyubimovoy' in the dead-rape stage	84
Korchagina I. A., Yushkevich L. V. Features of root rot development in the spring wheat agrophytocenosis under various agricultural technologies in the forest-steppe of Western Siberia	90
Metlina G. V., Vasilchenko S. A., Kovtunov V. V. Moisture consumption by grain sorghum varieties depending on seeding rates and sowing methods in the southern part of the Rostov region	97

PLANT PROTECTION

Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Estimation of winter barley for resistance to leaf diseases	103
---	-----

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.358:631.52

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-5-10

ВЛИЯНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В СЕМЕНАХ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ГОРОХА

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;

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

М. В. Скулова, агроном лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, povolotskay68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703

ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской»,

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

Цель исследований – определить влияние продолжительности вегетационного периода коллекционных образцов на содержание белка в семенах гороха. Исследования проводили в южной зоне Ростовской области на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2017–2020 годы. Объектами исследований были 100 коллекционных образцов гороха из ВИГРР им. Н. И. Вавилова, включающих 53 усатых образца и 47 листочковых. Наибольшая продолжительность вегетационного периода в среднем по коллекции (93,8 дн.) наблюдалась в 2017 году. Межсортовая изменчивость данного признака, выраженная коэффициентом вариации, в этот год была 5,5 % с минимальным значением 63 дня и максимальным 101 день. В группе сортов усатого типа листа межсортовая изменчивость составила 6,4 % (мин. – 63 дн.; макс. – 100 дн.), в листочковой группе 4,2 % (мин. – 80 дн.; макс. – 101 дн.). В остальные годы наблюдалось сокращение вегетационного периода и снижение его межсортовой изменчивости из-за неблагоприятных погодных условий в виде недостатка и дефицита осадков на фоне повышенных и высоких температур воздуха. Но они же и привели к максимальному накоплению белка в семенах коллекционных образцов, тем самым проявив наибольшую межсортовую изменчивость этого показателя. Расчет коэффициента корреляции показал отсутствие корреляционной зависимости содержания белка от продолжительности вегетации как в среднем по коллекции ($r = 0,03+0,10$), так и по группам усатого ($r = 0,08+0,14$) и листочкового ($r = 0,05+0,15$) морфотипов листа. Построение графиков с ошибками по группам морфотипов листа выявили образцы с содержанием белка более 25,0 %. В группе усатого морфотипа они имели период вегетации 78–80 и 83–85 дней, а в группе листочкового морфотипа – 77–79 дней в среднем за годы исследований.

Ключевые слова: горох, коллекция, сорт, варибельность, белок, вегетационный период.

Для цитирования: Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. Влияние вегетационного периода на содержание белка в семенах коллекционных образцов гороха // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 5–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-5-10.



THE EFFECT OF A VEGETATION PERIOD ON PROTEIN PERCENTAGE IN SEED OF THE PEA COLLECTION SAMPLES

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;

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

M. V. Skulova, agronomist of the laboratory for legumes breeding and seed production, povolotskay68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The purpose of the study was to identify the effect of the length of a vegetation period of collection samples on protein percentage in pea seed. The study was carried out in the southern part of the Rostov region on the fields of the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2017–2020. The objects of the study were 100 collection pea samples from the N. I. Vavilov ARIPGR (VIR), including 53 leafless samples and 47 leafy ones. The longest vegetation period on average for the collection (93.8 days) was identified in 2017. The intervarietal variability of this trait, expressed by a variation coefficient, this year was 5.5 % with a minimum value of 63 days and a maximum of 101 days. In the group of varieties of the leafless type, the intervarietal variability was 6.4 % (min. 63 days; max. 100 days), in the leafy group it was 4.2 % (min. 80 days; max. 101 days). In other years, there was a reduction of a vegetation period and a decrease in its intervarietal variability due to unfavorable weather conditions in the form of a lack and shortage of precipitation against the background of elevated and high air temperatures. But they also led to the maximum accumulation of protein in seeds of collection samples, thereby showing the greatest intervarietal variability of this indicator. The calculation of the correlation coefficient showed the absence of a correlation dependence of protein percentage on length of vegetation, both on average for the collection ($r = 0.03+0.10$) and for the groups of leafless ($r = 0.08+0.14$)

and foliate ($r = 0.05 + 0.15$) leaf morphotypes. The construction of graphs with errors for groups of leafy morphotypes revealed samples with a protein percentage of more than 25.0 %. In the group of the leafless morphotype, they had a vegetation period of 78–80 and 83–85 days, and in the group of the leafy morphotype, it was 77–79 days on average over the years of study.

Keywords: peas, collection, variety, variability, protein, vegetation period.

Введение. Горох (*Pisum sativum* L.) – значимая зернобобовая сельскохозяйственная культура в России и в мире, которая имеет большую вариабельность хозяйственно ценных признаков и свойств (Костерин, 2017). Он обладает высокой питательной ценностью, обусловленной большим содержанием белка, клетчатки, аминокислот и витаминов (Дьяченко и Слугина, 2018).

В сравнении с другими культурами, он является ценным источником белка растительного происхождения. Из-за небольших посевных площадей гороха доля его невелика в балансе кормового белка, что в первую очередь связано со сравнительно невысокой урожайностью продукции, основная причина которой – острая реакция на погодно-климатические условия и факторы. Данную проблему можно решить с помощью создания новых сортов гороха, сочетающих высокую продуктивность и устойчивость к экстремальным факторам среды с высокими кормовыми и пищевыми качествами (Лысенко, 2022). Кроме всех неоспоримых достоинств гороха, он также относится к природным почвенным азотовосстановителям с помощью азотфиксирующих бактерий. Результатом симбиоза растений гороха с почвенными азотфиксирующими бактериями *Rhizobiales* является развитие корневых клубеньков, в которых осуществляется процесс фиксации азота (Леппянен и др., 2018).

Развитие растениеводства во многом зависит от конкретных погодно-климатических условий. Во многих регионах нашей страны отмечается изменение температурного режима, климатических условий, а также проявление водных и ветровых эрозий. В таких природно-климатических условиях усложняется и изменяется селекция сельскохозяйственных культур, так как приходится уделять больше внимания экологической пластичности и гомеостатичности новых сортов, способности их давать высокий уровень урожая семян с хорошими кормовыми качествами (Игнатьев и др., 2022).

Социально-экономические реалии в корне изменили требования товаропроизводителей к сорту, а также определили необходимость изменения направлений и целей селекции гороха. Решением проблемы повышения качества семян, в первую очередь выявление и вовлечение в гибридизацию источников повышенной белковости, улучшенного аминокислотного состава (Омельянюк и др., 2019).

Поиск генетических источников повышенного содержания белка, продуктивности и создание высокоурожайных сортов, адаптированных к почвенно-климатическим условиям региона, остаются важным звеном в повышении эффективности производства гороха.

Цель исследований – определить влияние продолжительности вегетационного периода коллекционных образцов на содержание белка в семенах гороха.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области, в 2017–2020 годах. Погодно-климатические условия в период проведения исследований характеризуются как полусухие. Почва представлена черноземом обыкновенным мощным карбонатным тяжелосуглинистым (Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы, 2013). Предшественник – озимая пшеница. Исследования проводили по методике полевого опыта Б. А. Доспехова (Доспехов, 2012).

Объектами исследований служили 100 коллекционных образцов гороха из ВИГР им. Н. И. Вавилова, включающих 53 усатых и 47 листочковых образцов. В качестве стандарта использовали сорт Аксайский усатый 5.

Коллекционный питомник посеян в третью декаду марта сеялкой ССФК-7 с междурядьями 15 см и количеством рядков 7. Площадь делянки – 5 м². По достижении полной спелости семян образцы убирала комбайном «Wintersteiger Classic». Определение содержания белка в семенах образцов гороха проводилось методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-93) в лаборатории биохимической оценки зерна ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Статистическую обработку полученных результатов провели методом дисперсионного анализа (Доспехов, 2012) и программы для статистической обработки данных Statistica 10.

Метеорологические условия в годы исследований были различны, что позволило объективно оценить и изучить коллекционные образцы гороха.

В 2017 г. были самые благоприятные условия за годы исследований. Фазы всходы – цветение и цветение – налив семян проходили в условиях избыточного и достаточного увлажнения. Созревание было в июле, в котором сформировались засушливые условия.

В 2018 г. в вегетационный период сформировались полностью противоположные условия прошлого года. Так, от всходов до налива семян гороха наблюдались дефицит влаги и повышенные температуры. Только при созревании семян было достаточное увлажнение.

Первая половина вегетации гороха в 2019 г. проходила при достаточных количестве осадков и температуре воздуха. Но недостаток по осадкам и повышенный температурный фон в июне и июле создали неблагоприятные условия для второй половины вегетации гороха.

Весна 2020 г. характеризовалась теплым и сухим мартом, прохладным и сухим апрелем

и прохладным и влажным маем. Налив и созревание семян гороха проходили в условиях дефицита осадков и повышенной температуры воздуха.

Результаты и их обсуждение. Продолжительность вегетационного периода по коллекции в среднем за 2017–2020 гг. исследований составил 81,8 дня (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность периода вегетации коллекционных образцов гороха, дней (2017–2020 гг.)

Table 1. The length of a vegetation period of collection pea samples, days (2017–2020)

Годы	Тип листа	Минимальное	Максимальное	Среднее	Коэффициент вариации (Cv), %
2017	Усатый	63	100	93,3	6,4
	Листочковый	80	101	94,4	4,2
	Общее	63	101	93,8	5,5
2018	Усатый	69	82	74,0	4,8
	Листочковый	70	83	75,9	4,5
	В целом	69	83	74,9	4,8
2019	Усатый	68	76	71,3	3,3
	Листочковый	68	77	71,1	3,2
	В целом	68	77	71,2	3,3
2020	Усатый	83	92	87,3	2,6
	Листочковый	83	92	87,5	2,4
	В целом	83	92	87,4	2,5
За 2017–2020 гг.	Усатый	63	100	81,5	2,1
	Листочковый	68	101	82,3	1,9
	В целом	63	101	81,8	2,1
Стандартное отклонение		–	–	1,69	–

В группе коллекционных образцов листочкового морфотипа период вегетации в среднем за годы исследований был продолжительней, в сравнении с усатой группой, но в пределах стандартного отклонения (82,3 и 81,5 дня соответственно), при вариации у листочковых $C_v = 1,9\%$, а у усатых $C_v = 2,1\%$. Следует отметить, что в наших исследованиях коэффициент вариации отражает межсортовую изменчивость продолжительности вегетационного периода и содержания белка в семенах коллекционных образцов, которая характеризовалась как «низкая» (менее 10 %) (Доспехов, 2012).

Анализ периода вегетации по годам показал, что наибольшее его значение в среднем по коллекции (93,8 дн.) наблюдалось в 2017 г., когда сложились самые благоприятные условия для вегетации гороха за период исследова-

ний. В этот год была и самая высокая вариация ($C_v = 5,5\%$) с минимальным значением 63 дня и максимальным – 101 день. В группе сортов усатого типа листа в этом году была наибольшая межсортовая изменчивость ($C_v = 6,4\%$; мин. – 63 дн.; макс. – 100 дн.) как в сравнении с листочковой группой ($C_v = 4,2\%$; мин. – 80 дн.; макс. – 101 дн.), так и за все годы исследований.

В остальные годы сложились не самые лучшие для роста и развития растений, которые привели к сокращению вегетационного периода и снижению проявления межсортовой изменчивости.

Содержание белка в семенах коллекционных образцов гороха в среднем за 2017–2020 гг. составило 25,2 %, с незначительными отклонениями значений в усатой (25,3 %) и листочковой группах (25,1 %) (табл. 2).

Таблица 2. Содержание белка в семенах коллекционных образцов гороха, % (2017–2020 гг.)

Table 2. Protein percentage in seed of the collection pea samples, % (2017–2020)

Годы	Тип листа	Минимальное	Максимальное	Среднее	Коэффициент вариации (Cv), %
2017	Усатый	23,1	28,2	25,7	4,7
	Листочковый	24,0	28,3	26,0	3,4
	В целом	23,1	28,3	25,9	4,1
2018	Усатый	21,4	30,8	26,4	7,0
	Листочковый	22,2	30,3	26,4	7,6
	В целом	21,4	30,8	26,4	7,3
2019	Усатый	21,3	26,8	24,3	4,2
	Листочковый	21,7	29,7	24,5	5,4
	В целом	21,3	29,7	24,4	4,8
2020	Усатый	19,1	26,7	24,2	5,8
	Листочковый	20,2	27,9	24,3	6,7
	В целом	19,1	27,9	24,2	6,2
За 2017–2020 гг.	Усатый	19,1	30,8	25,3	2,6
	Листочковый	20,2	30,3	25,1	2,8
	В целом	19,1	30,8	25,2	2,7
Стандартное отклонение		–	–	0,69	–

Анализ коэффициента вариации (Cv, %) за годы исследований показал 2,7 % в целом по коллекции. В усатой группе межсортовая изменчивость была меньше (2,6 %), чем в листочковой (2,8 %), но при этом разница между минимальным и максимальным значением в усатой группе была больше (11,7 %), чем в листочковой (10,1 %). Можно предположить, что данное соотношение связано с большей реакцией каждого отдельного образца в усатой группе на разные по годам условия вегетации, чем в листочковой, характеризуя тем самым внутрисортовую изменчивость.

Содержание белка в семенах по годам показал, что наибольшие значения и их вариабельность наблюдались в 2018 г., когда сложились жесткие условия для вегетации гороха в виде дефицита осадков и высоких температур воздуха, которое составило 26,4 % как в целом по коллекции, так и в каждой группе. В этот год была и наибольшая вариация. В группе коллекционных образцов, имеющих листочковый морфотип, она составила 7,6 % (мин. – 22,2 %; макс. – 30,3 %), а в группе усатых образцов – 7,0 % (мин. – 21,4 %; макс. – 30,8 %). Наименьшими значениями содержания белка в семенах отмечены в 2019 и 2020 гг., которые составили 24,4 и 24,2 % соответственно, с большей вариацией в 2020 г. (6,2 %), чем в 2019 г. (4,8 %). В эти годы, как и в 2018 г., большей межсортовой изменчивостью отделилась листочковая группа образцов. В 2019 г. она составила 5,4 % и 6,7 % в 2020 году. В группе с усатым типом листа она была ниже – 4,2 и 5,8 % соответственно.

В наиболее благоприятный для роста и развития растений гороха 2017 г. содержание белка было на уровне 25,9 %, с расхождением между группами, отличающимися по типу листа в 0,3 %. Коэффициент вариации в этот год

был наименьшим за все годы исследований и составил 4,1 %, с разницей между группами 1,3 %.

Обобщая данные по содержанию белка, можно сделать вывод, что максимальное накопление белка в семенах происходит, когда формируются неблагоприятные погодные условия в виде недостатка и дефицита осадков на фоне повышенных и высоких температур воздуха. Аналогичная ситуация прослеживается и по вариации, характеризующая в данном случае межсортовую изменчивость. В жестких условиях вегетации различия между образцами проявляются максимально. А в благоприятных условиях у образцов питательные вещества накапливаются в оптимальном количестве, в том числе и белок в семенах. Эти условия не позволяют у отдельно взятого образца выявить способность максимального накопления белка.

В связи с этим в рамках проводимых исследований возник вопрос: а как влияет продолжительность вегетационного периода на содержание белка в семенах? Проведенные расчеты коэффициента корреляции показали отсутствие корреляционной зависимости содержания белка от продолжительности вегетации как в среднем по коллекции ($r = 0,03 \pm 0,10$), так и по группам усатого ($r = 0,08 \pm 0,14$) и листочкового ($r = 0,05 \pm 0,15$) морфотипов листа.

Можно предположить, что внутрисортовая изменчивость каждого в отдельности образца влияет на межсортовую изменчивость как положительно, так и отрицательно, и в конечном итоге может нивелировать корреляционную зависимость. Поэтому для подробного изучения влияния периода вегетации на содержание белка в семенах был проведен анализ с составлением графиков с ошибками по группам морфотипов листа (рис. 1, 2).

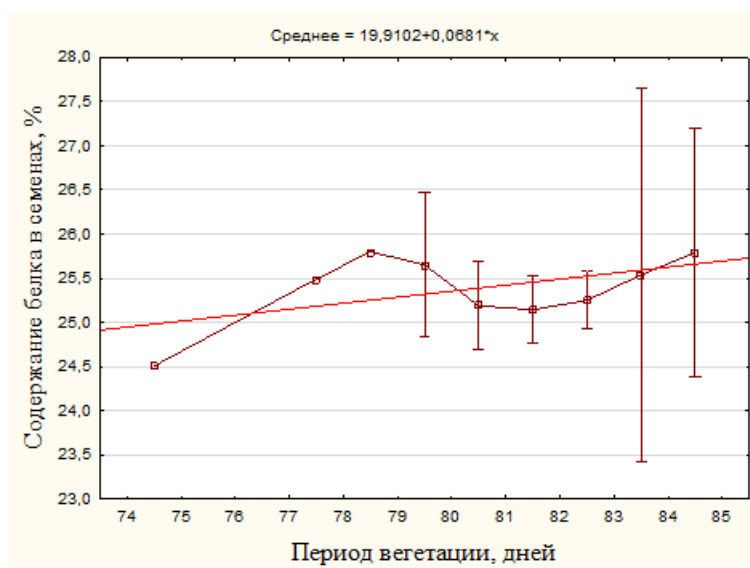


Рис. 1. Зависимость содержания белка от продолжительности периода вегетации коллекционных образцов гороха в группе усатого морфотипа (среднее за 2017–2020 гг.)

Fig. 1. Dependence of protein percentage on the length of a vegetation period of collection pea samples in the group of leafless morphotype (mean in 2017–2020)

В группе усатого морфотипа листа график показал, что большинство образцов имеют содержание белка в семенах больше 25,0 % и две вершины с максимальным содержанием белка, на которых период вегетации образцов составляет 78–80 и 83–85 дней. В наших исследовани-

ях интерес представляют крайние положительные отклонения, отображенные на графиках в виде ошибок. На рисунке в усатой группе они совпадают с вершинами графика.

В листочковой группе график имеет три вершины (рис. 2).

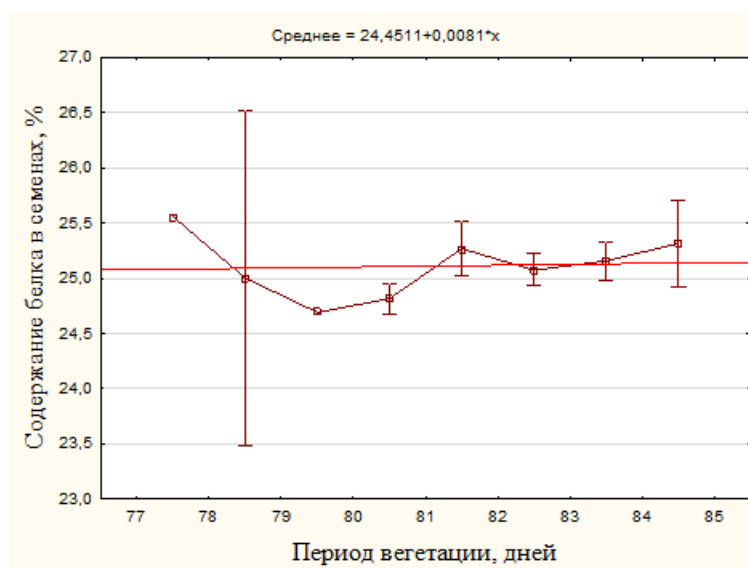


Рис. 2. Зависимость содержания белка от продолжительности периода вегетации коллекционных образцов гороха в группе листочкового морфотипа (среднее за 2017–2020 гг.)

Fig. 2. Dependence of protein percentage on the length of a vegetation period of collection pea samples in the group of leafy morphotype (mean in 2017–2020)

Но максимальное содержание белка прослеживается у образцов, имеющих период вегетации 77–78 дней. Ошибки на графике показали, что максимальные положительные значения были у образцов, имеющих период вегетации 78–79 дней.

Таким образом, для селекционной работы интерес представляют коллекционные образцы с высоким содержанием белка (более 25,0 %) (ГОСТ Р 54630–2011), полученные за годы исследований из группы усатого морфотипа и имеющие вегетационный период 78–80 и 83–85 дней, а в группе листочкового морфотипа 77–79 дней.

Выводы. Благоприятные условия вегетационного периода гороха в 2017 г. позволили раскрыть генетически обусловленные сортовые особенности роста и развития растений гороха, в частности, продолжительность вегетационного периода. В то же время неблагоприятные условия 2018 г. способствовали проявлению наибольшей межсортовой изменчивости с установлением образцов с максимальным и минимальным содержанием белка в семенах.

У коллекционных образцов межсортовая изменчивость по продолжительности вегетационного периода и содержанию белка в семенах была менее 10 %, что по степени является низкой.

В группе коллекционных образцов листочкового морфотипа период вегетации в среднем за годы исследований был продолжительнее (82,2 дня), чем в усатой группе (81,4 дня), но в пределах стандартного отклонения, при вариации в группе листочкового морфотипа ($C_v = 1,9\%$) и усатого ($C_v = 2,1\%$).

Содержание белка в семенах коллекционных образцов гороха в среднем за 2017–2020 гг. составило 25,2 %, с незначительными отклонениями значений в усатой (25,3 %) и листочковой (25,1 %) группах.

Для селекции представляют интерес генотипы с содержанием белка более 25,0 %. Образцы, отвечающие данному критерию, в группе усатого морфотипа имели период вегетации 78–80 и 83–85 дней, а в группе листочкового морфотипа – 77–79 дней в среднем за годы исследований.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
2. Дьяченко Е. А., Слугина М. А. Внутривидовой полиморфизм гена сахарозсинтазы *Sus1* у образцов *Pisum sativum* L. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(1). С. 108–114. DOI: 10.18699/VJ18.338.
3. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. 1. Ростов н/Д.: Донской издательский дом, 2013. 248 с.

4. Игнатъев С.А., Регидин А.А., Горюнов К.Н., Грязева Т.В., Кравченко Н.С., Шишкин Н.В. Хозяйственно-биологические признаки и результаты изучения нового сорта эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria*) Атаманский 20 // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-46-51.
5. Костерин О.Э. О трех культурных подвидах посевного гороха (*Pisum sativum* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(6). С. 694–700 DOI: 10.18699/VJ17.287.
6. Леппянен И.В., Кириенко А.Н., Лобов А.А., Долгих Е.А. Дифференциальный протеомный анализ корней гороха на ранних этапах развития симбиоза с клубеньковыми бактериями // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(2). С. 196–204. DOI: 10.18699/VJ18.347.
7. Лысенко А.А. Урожайность и качество возделываемых в Приазовской зоне Ростовской области сортов зернового гороха в зависимости от гидротермических факторов // Зерновое хозяйство России. Т. 14, № 2. С. 70–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-70-76.
8. Омелянюк Л.В., Пахотина И.В., Асанов А.М., Игнатъева Е.Ю. Результаты оценки качества зерна линий гороха конкурсного сортоиспытания в ФГБНУ «Омский АНЦ» // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2(30). С. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085.

References

1. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 s.
2. D'yachenko E.A., Slugina M.A. Vnutrividovoi polimorfizm gena sakharozosintazy Sus1 u obraztsov *Pisum sativum* L. [Intraspecific polymorphism of the Sus1 sucrose synthase gene in *Pisum sativum* L.] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. № 22(1). S. 108–114. DOI: 10.18699/VJ18.338.
3. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoi oblasti na 2013–2020 gody [Zonal farming systems of the Rostov region for 2013–2020]. Ch.1. Rostov n/D.: Donskoi izdatel'skii dom, 2013. 248 s.
4. Ignat'ev S.A., Regidin A.A., Goryunov K.N., Gryazeva T.V., Kravchenko N.S., Shishkin N.V. Khozyaistvenno-biologicheskie priznaki i rezul'taty izucheniya novogo sorta espartseta peschanogo (*Onobrychis arenaria*) 'Atamanskii 20' [Economic and biological traits and study results of a new sandy sainfoin variety (*Onobrychis arenaria*) 'Atamansky 20'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 1(79). С. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-46-51.
5. Kosterin O.E. O trekh kul'turnykh podvidakh posevnogo gorokha (*Pisum sativum* L.) [On three cultivated subspecies of the peas (*Pisum sativum* L.)] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2017. № 21(6). S. 694–700 DOI: 10.18699/VJ17.287.
6. Leppyanen I.V., Kirienco A.N., Lobov A.A., Dolgikh E.A. Differentsial'nyi proteomnyi analiz kornei gorokha na rannikh etapakh razvitiya simbioza s kluben'kovymi bakteriyami [Differential proteomic analysis of pea roots at the early stages of development of symbiosis with nodule bacteria] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. № 22(2). S. 196–204. DOI: 10.18699/VJ18.347.
7. Lysenko A.A. Urozhainost' i kachestvo vozdel'yaemykh v Priazovskoi zone Rostovskoi oblasti sortov zernovogo gorokha v zavisimosti ot gidrotermicheskikh faktorov [Productivity and quality of the grain pea varieties cultivated in the Pre-Azov part of the Rostov region depending on hydrothermal factors] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. Т. 14, № 2. S. 70–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-70-76.
8. Omel'yanyuk L.V., Pakhotina I.V., Asanov A.M., Ignat'eva E. Yu. Rezul'taty otsenki kachestva zerna linii gorokha konkursnogo sortoispytaniya v FGBNU «Omskii ANT» [Results of estimating grain quality of the pea lines of the Competitive Variety Testing in the FSBSI "Omsk ARC"] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2(30). S. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085.

Поступила: 05.09.22; доработана после рецензирования: 04.10.22; принята к публикации: 06.10.22.

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. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В., Кравченко Н.С. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.361:631.52

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-11-16

ПРОДУКТИВНОСТЬ, КОРМОВЫЕ КАЧЕСТВА И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ ЭСПАРЦЕТА

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

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

Г. В. Метлина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

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

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

ФГБНУ «АНЦ «Донской»,

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

В статье представлены результаты оценки продуктивности, качества корма и биоэнергетической эффективности возделывания сортов и перспективных линий эспарцета. Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2022 годах. Объектом изучения были 5 сортов эспарцета, внесенных в Госреестр и допущенных к использованию в разных регионах России, один сорт, находящийся на государственном сортоиспытании, и три перспективных линии. Стандарт – Зерноградский 2. Внесенные в реестр сорта эспарцета в среднем за 4 года по урожайности зеленой массы превосходили стандарт на 8,3–17,4 %, сухого вещества – на 5,4–10,8 %, семян – 6,8–13,9 %, сорт Атаманский 20 и перспективные линии превосходили стандарт на 17,8–23, 23,0–29,7 и 16,7–31,0 % соответственно. Сорта и линии эспарцета по показателям кормовой ценности достоверно превосходили стандарт. Наибольшими эти показатели были у Син 3/2004 и составляли 5,610 тыс./га к.е., 1,59 т/га сырого и 990 кг/га переваримого протеина. Сорта Атаманский, Велес, Сударь и Шурави с урожаем зеленой массы накапливали энергии на 8,5–16,5 % больше стандарта, чистый энергетический доход превосходил стандарт на 9,1–17,7 %. У перспективных линий с урожаем вегетативной массы было получено энергии больше, чем у стандарта, на 21,2–23,6 %. Коэффициенты энергетической эффективности сортов и перспективных линий составляли 3,4–3,6. С урожаем семян сорта эспарцета и перспективные линии накапливали энергии на 6,5–31,1 % больше стандарта. При этом чистый энергетический доход был выше на 16,3–83,5 %, а КЭЭ составляли 1,7–2,2.

Ключевые слова: эспарцет, сорт, продуктивность, зеленая масса, сухое вещество, семена.

Для цитирования: Игнатъев С. А., Регидин А. А., Метлина Г. В., Кравченко Н. С., Горюнов К. Н. Продуктивность, кормовые качества и биоэнергетическая оценка возделывания сортов и перспективных линий эспарцета // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 11–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-11-16.



PRODUCTIVITY, FEED QUALITY AND BIOENERGETIC ESTIMATION OF CULTIVATION OF THE SAINFOIN VARIETIES AND PROMISING LINES

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

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

G. V. Metlina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of row crops, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

N. S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

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

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current paper has presented the estimation results of productivity, feed quality and bioenergetic efficiency of cultivation of the sainfoin varieties and promising lines. The study was carried out at the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2019–2022. The objects of the study were 5 sainfoin varieties included in the State List and approved for use in different regions of Russia, one variety, which is currently on the State Variety Testing, and three promising lines. The standard variety was 'Zernogradsky 2'. For 4 years the sainfoin varieties, included in the List, exceeded the standard variety on 8.3–17.4 % of green mass yield, on 5.4–10.8 % of dry matter, on 6.8–13.9 % of seeds. The variety 'Atamansky 20' and promising lines exceeded the standard on 17.8–23.4 %, 23.0–29.7 % and 16.7–31.0 %, respec-

tively. The sainfoin varieties and lines significantly exceeded the standard variety in their nutritional value. These indicators were the highest in the line 'Sin 3/2004' and amounted to 5.610 thousand/ha f.u., 1.59 t/ha of crude and 990 kg/ha of digestible protein. The varieties 'Atamansky', 'Veles', 'Sudar' and 'Shuravi' accumulated energy on 8.5–16.5 % more than the standard variety with green mass productivity, net energy income exceeded that of the standard variety on 9.1–17.7 %. The promising lines produced on 21.2–23.6 % more energy with vegetative mass harvesting than the standard variety. The coefficients of energy efficiency of the varieties and promising lines were 3.4–3.6. With seed yields, sainfoin varieties and promising lines accumulated energy on 6.5–31.1 % more than the standard variety. At the same time, net energy income was higher on 16.3–83.5 %, and the CEE was 1.7–2.2.

Keywords: sainfoin, variety, productivity, green mass, dry matter, seeds.

Введение. Кормопроизводство в стране зависит от необходимого количества посевных площадей, а также внедрения и использования при этом новых продуктивных, с высокими кормовыми качествами, сортов кормовых культур (Хабибуллин и др., 2020, Косолапов и др., 2014, Mora-Ortiz et al., 2016).

Одной из важных и необходимых кормовых многолетних бобовых культур является эспарцет. На юге России по кормовой значимости он уступает только люцерне. По урожайности, кормовым достоинствам массы, содержанию сырого протеина, витаминов и различных необходимых животным веществ эспарцет занимает среди кормовых растений одно из первых мест (Huyen et al., 2016, Vasileva et al., 2019).

Все большее внимание уделяется эспарцету как сидеральной культуре и предшественнику для колосовых культур (Кулинцев и др., 2013, Галиченко, 2015, Игнатьев и Регидин, 2020).

Широкое хозяйственное использование в земледелии и кормопроизводстве эспарцета в большей степени зависит от урожайности зеленой массы и семян. Селекционная работа по эспарцету направлена не только на повышение продуктивности, но и на создание экологически дифференцированных сортов, адаптированных к конкретным условиям среды. Возделывание таких сортов эспарцета позволит обеспечить устойчивую продуктивность, экологическую безопасность производства кормов и семян при оптимальной биоэнергетической эффективности (Благовещенский, 2013).

Поэтому цель работы заключалась в оценке продуктивности, качества корма и биоэнергетической эффективности возделывания сортов и перспективных линий эспарцета.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в 2019–2022 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области. Объектами изучения были 5 сортов эспарцета, внесенных в Госреестр и допущенных к использованию в разных регионах России, один сорт, переданный в 2020 г. на государственное сортоиспытание, и три перспективных линии.

Площадь делянки в опыте 20 м², повторность четырехкратная, норма высева 500 шт. всхожих семян на 1 м². Стандарт – Зерноградский 2.

Закладка опыта, фенологические наблюдения и биометрические учеты выполнялись по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019) и Методическим указаниям по селекции многолетних трав (1985). Учет урожая зеленой массы проводили вручную в фазу начала цветения растений с делянки площадью 2 м². Сухое вещество определяли по ГОСТ-31640-2012. Уборку семян осуществляли комбайном Wintersteiger, прямым комбайнированием, после обработки посевов десикантом Реглон Супер в дозе 3 л/га при расходе 250–300 л/га раствора и побурении 90–95 % бобов.

Математическую обработку результатов выполняли с использованием программ Excel и Statistica 10.0.

Расчет биоэнергетической эффективности – по методике «Биоэнергетическая оценка и снижение энергоемкости технологических процессов в животноводстве» (1990).

Результаты и их обсуждение. Урожайность зеленой массы и сухого вещества изучаемых сортов и линий эспарцета значительно варьировала по годам (табл. 1).

Таблица 1. Продуктивность сортов и перспективных линий эспарцета, т/га (2019–2022 гг.)
Table 1. Productivity of the sainfoin varieties and promising lines, t/ha (2019–2022)

Сорт, линия	Годы посева						средняя за две закладки
	2019			2020			
	2020	2021	средняя по закладке	2021	2022	средняя по закладке	
Зеленая масса							
Зерноградский 2, ст.	19,6	21,3	20,4	36,2	28,4	32,3	26,4
Атаманский	22,9	21,9	22,4	39,6	30,5	35,0	28,7
Велес	24,3	22,4	23,4	38,2	31,3	34,8	29,1
Сударь	24,6	29,0	26,8	39,4	30,9	35,2	31,0
Шурави	23,4	24,3	23,8	38,7	29,4	34,0	28,9
Атаманский 20	25,1	24,8	25,0	42,9	31,5	37,2	31,1
Син 5/2010	27,6	29,3	28,4	39,8	33,2	36,5	32,4
Син 3/2010	26,5	30,2	28,4	40,1	31,7	35,9	32,2
Син 3/2004	27,9	31,1	29,5	39,3	32,1	35,7	32,6
НСР ₀₅	0,81	0,73	0,87	1,47	1,21	1,19	1,22

Продолжение табл. 1

Сорт, линия	Годы посева						средняя за две закладки
	2019			2020			
	2020	2021	средняя по закладке	2021	2022	средняя по закладке	
Сухое вещество							
Зерноградский 2, ст.	5,6	7,2	6,4	9,7	7,0	8,4	7,4
Атаманский	5,7	7,9	6,8	9,9	8,7	9,1	8,0
Велес	6,0	8,1	7,0	9,4	8,0	8,7	7,8
Сударь	6,0	8,0	7,0	9,8	8,4	9,1	8,0
Шурави	6,1	8,5	7,3	9,7	8,4	9,0	8,2
Атаманский 20	6,4	10,1	8,2	12,1	8,8	10,4	9,3
Син 5/2010	6,8	9,3	8,0	11,3	9,1	10,2	9,1
Син 3/2010	7,2	9,7	8,4	10,7	9,0	9,8	9,1
Син 3/2004	6,6	9,6	8,1	12,0	9,2	10,6	9,6
НСР ₀₅	0,34	0,31	0,36	0,41	0,34	0,35	0,71
Семена							
Зерноградский 2, ст.	0,68	0,71	0,71	0,69	0,78	0,74	0,72
Атаманский	0,75	0,77	0,76	0,76	0,81	0,78	0,77
Велес	0,76	0,79	0,78	0,79	0,83	0,81	0,80
Сударь	0,81	0,80	0,80	0,80	0,84	0,82	0,81
Шурави	0,80	0,82	0,81	0,77	0,87	0,82	0,82
Атаманский 20	0,81	0,85	0,83	0,82	0,86	0,84	0,84
Син 5/2010	1,08	0,74	0,91	0,89	0,85	0,87	0,89
Син 3/2010	1,09	0,95	1,02	0,90	0,88	0,89	0,95
Син 3/2004	1,01	0,74	0,88	0,87	0,83	0,85	0,86
НСР ₀₅	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05

Так, урожайность зеленой массы стандарта Зерноградский 2 по годам ее учета изменялась от 19,6 до 36,2 т/га. По закладкам она составляла 20,4 и 32,3 т/га, в среднем по двум закладкам – 26,4 т/га.

Все внесенные в реестр сорта формировали большую, чем стандарт, урожайность зеленой массы, в среднем за 2 закладки они превосходили Зерноградский 2 на 8,7–17,4 %. Более высокая урожайность зеленой массы – на 17,4 % была у сорта Сударь. Находящийся на госсортоиспытании сорт эспарцета Атаманский 20 по урожайности зеленой массы в среднем достоверно превосходил стандарт Зерноградский 2 (на 17,8 %), Атаманский (на 8,4 %), Велес (на 8,4 %) и Шурави (на 7,6 %) и был на уровне сорта Сударь.

Перспективные линии эспарцета Син 5/2010, Син 3/2010 и Син 3/2004 в среднем за два цикла с урожайностью 32,2–39,6 т/га достоверно превосходили и стандарт, и сорта, внесенные в реестр.

Результаты учета урожайности сухой массы показали, что в первую закладку (2019 г.) в среднем за два года все изучаемые сорта и перспективные линии достоверно превосходили стандарт. Урожайность сухого вещества во второй закладке в первый год учета стандарт Зерноградский 2 достоверно превышали только Атаманский 20, Син 5/2010, Син 3/2010 и Син 3/2004, соответственно на 24,7, 16,5, 10,3 и 23,7 %. Урожайность сухого вещества других изучаемых сортов эспарцета была практически равной урожайности стандарта.

В среднем по двум закладкам достоверно большую, чем стандарт, урожайность сухого ве-

щества сформировали Син 3/2004 – 9,6 т/га (на 29,7 % выше стандарта), Атаманский 20 – 9,3 т/га (на 25,7 % выше стандарта), Син 5/2010 и Син 3/2010 – 9,1 т/га (на 23 % выше стандарта).

В настоящее время фактором, сдерживающим увеличение посевных площадей под кормовыми многолетними травами во многих регионах РФ, является их низкая семенная продуктивность (Косолапов и Пилипенко, 2017).

Эспарцет на юге России при своевременной уборке позволяет получать достаточно высокий и стабильный урожай семян. Урожайность семян стандарта Зерноградский 2 за годы изучения варьировала от 0,68 до 0,78 т/га. За две закладки в среднем его урожайность семян составляла 0,72 т/га. Изучаемые сорта и перспективные линии эспарцета по годам и в среднем по закладкам формировали большую, чем стандарт, урожайность семян.

Так, сорт Атаманский 20, проходящий государственное сортоиспытание, достоверно превосходил стандарт во все годы, а в среднем за 4 года его урожайность семян была 0,84 т/га, что на 16,7 % выше стандарта. Еще более высокая урожайность семян была и по годам, и в среднем у перспективных линий – 0,95 т/га у Син 3/2010, 0,89 т/га у Син 5/2010 и 0,86 т/га у Син 3/2004 или, соответственно, на 31,9, 23,6 и 19,4 % выше, чем у стандарта.

Эспарцет как многолетняя бобовая культура дает не только стабильно высокий урожай зеленой массы, но и обеспечивает при этом получение растительной массы с высокой кормовой ценностью.

Сорт-стандарт Зерноградский 2 обеспечивал с 1 га сбор 4,070 тыс. кормовых единиц (к.е.), 1,21 т сырого и 759 кг переваримого протеина (табл. 2).

Таблица 2. Выход с 1 га питательных веществ у сортов и перспективных линий эспарцета (2019–2022 гг.)
Table 2. Nutrients' yield per 1 ha of the sainfoin varieties and promising lines (2019–2022)

Сорт, линия	Выход питательных веществ с 1 га			Содержание в 1 кг СВ	
	к.е., тыс./га	сырого протеина, т/га	переваримого протеина, кг/га	обменной энергии, Мдж/кг	переваримого протеина, г/кг
Зерноградский 2, ст.	4,070	1,21	759	9,9	102
Атаманский	4,372	1,33	845	9,8	106
Велес	4,424	1,32	819	9,8	102
Сударь	4,584	1,36	855	9,7	104
Шурави	4,727	1,37	848	9,8	102
Атаманский 20	5,580	1,58	980	10,3	106
Син 5/2010	5,551	1,54	956	10,1	106
Син 3/2010	5,460	1,54	932	10,2	102
Син 3/2004	5,610	1,59	990	10,4	108
НСР ₀₅	0,311	0,07	46	0,43	6,1

Изучаемые сорта Велес, Сударь и Шурави по этим показателям кормовой ценности достоверно превосходили стандарт. Более высокий сбор к.е., сырого и переваримого протеина, чем у стандарта, на 16, 13 и 12 % соответственно, отмечен у сорта Шурави.

Еще больший в сравнении со стандартом выход к.е. с гектара (на 37 %), сырого (на 31 %) и переваримого (на 29 %) протеина был у находящегося на сортоиспытании сорта Атаманский 20.

Перспективные линии по к.е., сырому и переваримому протеину также достоверно превосходили стандарт, но не превосходили по этим показателям сорт Атаманский 20. Лучший из них, Син 3/2004, по выходу с 1 га к.е. превосходил стандарт на 38 %, по сырому про-

теину – на 31 % и на 30 % – по переваримому протеину.

Биоэнергетическая оценка существенно дополняет характеристику возделываемых сортов и позволяет выявить пути экономии прямых и косвенных затрат энергии. Располагая такой оценкой, можно принимать более обоснованные решения при выборе сорта для выращивания с оптимальным уровнем энергетической эффективности его возделывания.

Биоэнергетическая оценка возделывания сортов и перспективных линий эспарцета на зеленую массу показала, что в среднем за 2019–2022 гг. по энергии, накапливаемой в урожае, изучаемые сорта и линии превосходили стандарт Зерноградский 2 (табл. 3).

Таблица 3. Биоэнергетическая эффективность возделывания сортов перспективных линий эспарцета на зеленую массу (2019–2022 гг.)
Table 3. Bioenergetic efficiency of cultivation of the sainfoin varieties and promising lines for green mass (2019–2022)

Сорт, линия	Получено энергии с урожаем вегетативной массы, ГДж/га	Затраты энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Энергоемкость продукции, МДж/т	КЭЭ
Зерноградский 2, ст.	58,42	16,94	41,48	651	3,4
Атаманский	63,39	18,12	45,27	638	3,4
Велес	63,39	18,07	45,32	638	3,5
Сударь	68,08	19,27	48,81	624	3,5
Шурави	63,94	18,22	45,72	634	3,4
Атаманский 20	67,04	19,32	49,22	626	3,6
Син 5/2010	71,78	20,00	51,78	618	3,6
Син 3/2010	70,84	19,84	51,00	619	3,6
Син 3/2004	72,22	20,07	52,15	617	3,6

Зерноградский 2 с вегетативной массой накапливал 58,42 ГДж/га энергии, тогда как Атаманский и Велес – по 63,39 ГДж/га, Шурави – 63,94 ГДж/га, Сударь – 68,08 ГДж/га, или на 8,5–16,5 % больше. Чистый энергетический доход у них превосходил стандарт на 9,1–17,7 %, но коэффициенты энергетиче-

ской эффективности (КЭЭ) у них были близки – 3,4–3,5.

Перспективные линии Син 5/2010, Син 3/2010 и Син 3/2004 с урожаем накапливали еще больше энергии – на 21,2–23,6 % выше, чем у стандарта. Чистый энергетический доход у них при этом составлял 51,00–52,15 ГДж/га,

на 23,0–25,7 % выше стандарта, и с более высоким (3,6) коэффициентом энергетической эффективности.

При возделывании эспарцета на зеленую массу учитывается вся энергия, накопленная вегетативной частью, а при возделывании на семена – только энергия, запасенная с семенами. Оценка биоэнергетической эффективности возделывания сортов эспарцета на семена показала, что происходит снижение количества энергии в продукции, чистого энергетического

дохода, затрат энергии на выращивание семян и коэффициентов энергетической эффективности в сравнении с возделыванием на зеленую массу, так как при возделывании на семена часть энергии теряется с побочной продукцией. При этом сохраняется тенденция накопления энергии изучаемыми сортами с ростом урожайности семян, растут затраты энергии на получение урожая, в то же время повышаются чистый энергетический доход и коэффициенты энергетической эффективности (табл. 4).

Таблица 4. Биоэнергетическая эффективность возделывания сортов и перспективных линий эспарцета на семена (2019–2022 гг.)
Table 4. Bioenergetic efficiency of cultivation of the sainfoin varieties and promising lines for seeds (2019–2022)

Сорт, линия	Получено энергии с урожаем вегетативной массы, ГДж/га	Затраты энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Энергоемкость продукции, МДж/кг	КЭЭ
Зерноградский 2, ст.	12,71	7,82	4,89	10,9	1,6
Атаманский	13,53	7,84	5,69	10,2	1,7
Велес	14,84	7,86	6,19	9,9	1,8
Сударь	14,35	7,87	6,49	9,7	1,8
Шурави	14,45	7,87	6,59	9,6	1,8
Атаманский 20	14,66	7,88	6,88	9,4	1,9
Син 5/2010	15,69	7,90	7,78	9,1	1,9
Син 3/2010	16,91	7,94	8,98	8,9	2,2
Син 3/2004	15,27	7,89	7,38	9,2	2,0

Так, с урожаем семян стандарта в среднем за 2019–2022 гг. накоплено 12,71 ГДж/га энергии. Сорта Велес, Сударь, Шурави и Атаманский, внесенные в реестр, накопили энергии на 6,5–16,8 % больше, сорт Атаманский 20, проходящий сортоиспытания – больше на 15,3 %, а перспективные линии – на 20,2–33,1 %. Подобным же образом складывался и чистый энергетический доход. У стандарта он был 4,89 ГДж/га. У сортов, внесенных в Госреестр, чистый энергетический доход был выше, чем у стандарта, на 16,3–34,7 %, у Атаманского 20 – на 40,7 %, у перспективных линий – на 50,9–83,6 %.

Коэффициенты энергетической эффективности повышались от стандарта (1,6) до 1,7–1,8 у сортов, внесенных в реестр, и до 1,9–2,2 у перспективных линий.

Выводы. По результатам исследований установлено, что сорта эспарцета, внесенные в Госреестр, сорт Атаманский 20, находящийся на государственном сортоиспытании, и перспективные линии эспарцета превосходят стандарт по продуктивности зеленой массы, сухого вещества и семян. Они обеспечивали и наибольший сбор с 1 га кормовых единиц, сырого и переваримого протеина.

Биоэнергетическая оценка показала, что наибольшее количество энергии, накапливаемой в урожае зеленой массы и семян, и наивысший чистый доход отмечены у сорта Атаманский 20 и перспективных линий эспарцета. Их коэффициенты энергетической эффективности составляли 3,6 при возделывании на зеленую массу и 1,9–2,2 – на семена.

Библиографические ссылки

1. Благовещенский Г.В. Инновационный потенциал бобового разнообразия травостоев // Кормопроизводство. 2013. № 12. С. 8–9.
2. Галиченко, И.И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2(38). С. 3–5.
3. Игнатьев С.А., Регидин А.А. Оценка продуктивности и качества корма сортов эспарцета // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3(69). С. 12–15. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-12-15.
4. Косолапов В.М., Пилипко С.В. Состояние и перспективы селекции многолетних кормовых культур // Кормопроизводство. 2017. № 3. С. 26–29.
5. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании: теория и практика. М.: Издательство Россельхозакадемии, 2014. 135 с.
6. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография / В.В. Кулинцев, Е.И. Годунова, Л.И. Желнакова [и др.]. Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2013. 520 с.
7. Хабибуллин К.Н., Ашиев А.Р., Скулова М.В. Оценка адаптивности продуктивности растений коллекции гороха посевного // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1 (67). С. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36.
8. Huyen N.T., Desrués O., Alferink S.J.J., Zandstra T., Verstegen M.W.A., Hendriks W.H., Pellikaan W.F. Inclusion of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations affects nutrient

digestibility, nitrogen utilization, energy balance, and methane emissions // Journal of Dairy Science. 2016. Vol. 99, Iss. 5. P. 3566–3577. DOI: 10.3168/jds.2015-10583.

9. Mora-Ortiz M., Swain M. T., Vickers M. J., Hegarty M. J., Kelly R., Smith L. M. J., Skøt L. De-novo transcriptome assembly for gene identification, analysis, annotation, and molecular marker discovery in *Onobrychis viciifolia* // BMC Genomics. 2016. Vol. 17(1). P. 756. DOI: 10.1186/s12864-016-3083-6.

10. Vasileva V., Naydenova Y., Stoycheva I. Nutritive value of forage biomass from sainfoin mixtures // Saudi Journal of Biological Sciences. 2019. Vol. 26, Iss. 5. P. 942–949. DOI: 10.1016/j.sjbs.2018.03.012.

References

1. Blagoveshchenskii G. V. Innovatsionnyi potentsial bobovogo raznoobraziya travostoev [Innovative potential of legume diversity of herbage] // Kormoproizvodstvo. 2013. № 12. S. 8–9.

2. Galichenko I. I. Urozhainost' ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennikov [Winter wheat productivity depending on the forecrops] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2015. № 2(38). S. 3–5.

3. Ignat'ev S. A., Regidin A. A. Otsenka produktivnosti i kachestva korma sortov espartseta [Estimation of productivity and feed quality of sainfoin varieties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 3(69). S. 12–15. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-12-15.

4. Kosolapov V. M., Pilipko S. V. Sostoyanie i perspektivy selektsii mnogoletnikh kormovykh kul'tur [State and prospects of perennial feed crops' breeding] // Kormoproizvodstvo. 2017. № 3. S. 26–29.

5. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S. Kormoproizvodstvo v sel'skom khozyaistve, ekologii i ratsional'nom prirodopol'zovanii: teoriya i praktika [Feed production in agriculture, ecology, and rational nature management: theory and practice]. M.: Izdatel'stvo Rossel'khozakademii, 2014. 135 s.

6. Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraya: monografiya [The new generation farming system of the Stavropol Territory: monograph] / V. V. Kulintsev, E. I. Godunova, L. I. Zhelnakova [i dr.]. Stavropol': AGRUS StGAU, 2013. 520 s.

7. Khabibullin K. N., Ashiev A. R., Skulova M. V. Otsenka adaptivnosti produktivnosti rastenii kolleksii gorokha posevnogo [Estimation of productivity adaptability of the collection pea plants] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 1 (67). S. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36.

8. Huyen N. T., Desrues O., Alferink S. J. J., Zandstra T., Verstegen M. W. A., Hendriks W. H., Pellikaan W. F. Inclusion of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations affects nutrient digestibility, nitrogen utilization, energy balance, and methane emissions // Journal of Dairy Science. 2016. Vol. 99, Iss. 5. P. 3566–3577. DOI: 10.3168/jds.2015-10583.

9. Mora-Ortiz M., Swain M. T., Vickers M. J., Hegarty M. J., Kelly R., Smith L. M. J., Skøt L. De-novo transcriptome assembly for gene identification, analysis, annotation, and molecular marker discovery in *Onobrychis viciifolia* // BMC Genomics. 2016. Vol. 17(1). P. 756. DOI: 10.1186/s12864-016-3083-6.

10. Vasileva V., Naydenova Y., Stoycheva I. Nutritive value of forage biomass from sainfoin mixtures // Saudi Journal of Biological Sciences. 2019. Vol. 26, Iss. 5. P. 942–949. DOI: 10.1016/j.sjbs.2018.03.012.

Поступила: 31.08.22; доработана после рецензирования: 28.09.22; принята к публикации: 08.11.22.

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. Игнат'ев С. А. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Регидин А. А. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Метлина Г. В. – биоэнергетическая оценка; Кравченко Н. С. – биохимический анализ; Горюнов К. Н. – проведение полевого опыта.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК: 631.527.1:633.111.1

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-17-22

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУЛЬТУРЫ ПЫЛЬНИКОВ *IN VITRO* СОРТОВ И ГИБРИДОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Н. В. Петраш, младший научный сотрудник лаборатории генофонда растений, pnv11@bionet.nsc.ru, ORCID ID: 0000-0002-7499-6803;

Е. А. Орлова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X;

И. Е. Лихенко, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции, семеноводства и технологии возделывания полевых культур, ORCID ID 0000-0002-0305-1036;

В. В. Пискарев, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией генофонда растений, ORCID ID: 0000-0001-9225-5227

СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН,

630501, Новосибирская обл., г. Новосибирск, р. п. Краснообск, С-100, зд. 21, а/я 375; e-mail: sibniirs@bk.ru

Культура пыльников является наиболее эффективным, технически несложным инструментом для получения удвоенных гаплоидов пшеницы. Данное исследование посвящено изучению влияния генотипа и концентрации регулятора роста 2,4-Д на эффективность андрогенеза *in vitro* яровой мягкой пшеницы. Цель исследования – оценка показателей эффективности культуры пыльников гибридов первого и второго поколения и их родительских сортов и изучение ее зависимости от разных концентраций регулятора роста 2,4-Д. Проведена оценка признаков у гибридов F_1 , популяции F_2 и родительских сортов Обская 2 и Новосибирская 15 при добавлении в индукционную среду 2,4-Д в концентрации 1 и 2 мг/л. Установлено, что наибольшими показателями характеризовались популяция F_2 и родительский сорт Новосибирская 15. Достоверно превосходили средние значения популяция F_2 по признаку число продуктивных пыльников/100 пыльников и по числу всех регенерантов/100 пыльников при 1 мг/л 2,4-Д, Новосибирская 15 по признаку число новообразований/100 пыльников и по числу всех регенерантов/100 новообразований при 2 мг/л 2,4-Д. В опыте установлено, что лучшая отзывчивость культуры пыльников для изучаемых генотипов была при добавлении в индукционную среду регулятора роста 2,4-Д в концентрации 1 мг/л. Сорт Новосибирская 15 характеризуется хорошей отзывчивостью в культуре пыльников *in vitro* и может быть использован в качестве донора ценных аллелей в селекционных программах пшеницы с применением ДН-технологий.

Ключевые слова: пшеница (*Triticum aestivum* L.), андрогенез *in vitro*, культура пыльников, удвоенные гаплоиды (DH).

Для цитирования: Петраш Н. В., Орлова Е. А., Лихенко И. Е., Пискарев В. В. Изучение эффективности культуры пыльников *in vitro* сортов и гибридов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 17–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-17-22.



THE STUDY OF THE EFFICIENCY OF ANTHER CULTURE *IN VITRO* OF BREAD WHEAT VARIETIES AND HYBRIDS (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

N.V. Petrash, junior researcher of the laboratory for plant gene pool, pnv11@bionet.nsc.ru, ORCID ID 0000-0002-7499-6803;

E.A. Orlova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant gene pool, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X;

I.E. Likhenko, Doctor of Agricultural Sciences, head of the laboratory for breeding, seed production and cultivation technologies of field crops, ORCID ID 0000-0002-0305-1036;

V.V. Piskarev, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for plant gene pool, ORCID ID: 0000-0001-9225-5227

SibRIPGB, a branch of the FRCIC&G SibB of the RAS,

630501, Novosibirsk region, Novosibirsk, v. of. Krasnoobsk, S-100, bld. 21, PO Box 375; e-mail: sibniirs@bk.ru

Anther culture is the most effective and not technically complex tool for obtaining double wheat haploids. The current study is devoted to the research of the influence of the genotype and concentration of the growth regulator 2.4-D on the efficiency of androgenesis *in vitro* of spring bread wheat. The purpose of the study was to estimate the efficiency of the anther culture of hybrids of the first and second generation and their parental varieties and to study its dependence on different concentrations of the growth regulator 2.4-D. There has been carried out the estimation of the traits of the F_1 hybrids, the F_2 population, and the parental varieties 'Obsskaya 2' and 'Novosibirskaya 15' when 2.4-D was added to the induction medium at a concentration of 1 and 2 mg/l. There has been established that the F_2 population and the parental variety 'Novosibirskaya 15' are characterized by the largest indicators. The average values were significantly surpassed by the F_2 population in the traits 'number of productive anthers per 100 anthers' and 'number of all regenerants per 100 anthers' at 1 mg/l of 2.4-D. The variety 'Novosibirskaya 15' surpassed the average values in traits 'number of sprouts per 100 anthers' and 'number of all regenerants per 100 sprouts' at 2 mg/l of 2.4-D. The trial has shown that the best responsiveness of the anther culture for the studied genotypes was when the growth regulator 2.4-D was added to the induction medium at a concentration of 1 mg/l. The variety 'Novosibirskaya 15' has

been characterized by good responsiveness in anther culture *in vitro* and could be used as a donor of valuable alleles in wheat breeding programs using DH technologies.

Keywords: wheat (*Triticum aestivum* L.), androgenesis *in vitro*, anther culture, doubled haploids (DH).

Введение. Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является важнейшей злаковой культурой и основным источником растительного белка для человечества. С увеличением населения Земли встает необходимость наращивания производства пшеницы. Для решения этой задачи необходимо создавать новые высокоурожайные сорта, сочетающие в себе высокую продуктивность, экологическую пластичность и устойчивость к биотическим и абиотическим факторам. В селекционном процессе пшеницы наряду с традиционными методами в последнее время широко применяются различные подходы, позволяющие оптимизировать процесс создания нового сорта. Одним из таких подходов является использование в качестве исходного материала линий удвоенных гаплоидов, DH (от английского doubled haploids). Это линии, полученные при удвоении числа хромосом гаплоидного растения. Данный метод позволяет за одну генерацию получить однородные гомозиготные линии и избежать нескольких поколений самоопыления, тем самым способствует снижению сроков и стоимости выведения новых сортов.

Культура пыльников *in vitro* (КП) является наиболее распространенным, технически несложным и эффективным методом получения DH пшеницы (Castillo et al., 2015).

Эффективность КП зависит от многих параметров, в частности, условий выращивания доноров, стадии развития микроспор, предобработок, однако определяющим является влияние генотипа и состава индукционных сред, особенно содержание регуляторов роста (Круглова и Сельдиминова, 2015; Некрасова и Калинина, 2022). Особое значение имеет содержание синтетических ауксинов для индукции новообразований и регенерации растений. 2,4-Д считается основным ауксином, используемым для индукции соматического эмбриогенеза у пшеницы (Lantos and Pauk, 2020).

Существует несколько факторов, ограничивающих получение андрогенных растений, таких как явление альбинизма проростков, сильная генотипическая зависимость, как среди видов, так и внутри вида. Известно, что озимые генотипы гексаплоидных пшениц более отзывчивы в КП, чем яровые (Lazaridou et al., 2016). Показано, что многие хромосомы (1A, 1B, 1D, 2D, 4B, 5B, 7A, 7B, 7D) и QTL (1B, 2D, 2AL, 2BL, 5BL, 7B) оказывают влияние на формирование эмбриоидов и регенерацию растений при андрогенезе *in vitro* (Nielsen et al., 2015; Lantos and Pauk, 2020). Установлено положительное влияние пшенично-ржаной транслокации 1RS.1BL на регенерацию растений в КП (Першина и др.,

2014; Тиманова и др. 2022). Проблема генотипической зависимости может быть решена за счет использования в селекционных скрещиваниях отзывчивых генотипов (Lantos and Pauk, 2020). Следовательно, целесообразно проводить скрининг исходных сортов и линий и вовлекать в скрещивания наиболее подходящие образцы с хорошей отзывчивостью к андрогенезу *in vitro*.

Целью работы является оценка показателей эффективности КП гибридов первого и второго поколения (Обская 2 x Новосибирская 15) и их родительских сортов и изучение ее зависимости от разных концентраций регулятора роста 2,4-Д.

Материалы и методы исследований.

В качестве материала использовались гибриды первого и второго поколения коммерческих сортов яровой мягкой пшеницы Обская 2 x Новосибирская 15, селекции ИЦиГ СО РАН. Растения-доноры пыльников выращивали на опытном поле СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН в 2020 году.

Сбор колосьев проводили с главных побегов, когда микроспоры в пыльниках находились в средней или поздней одноядерной стадии (рис. 1, а). Визуально это соответствует расположению середины колоса на уровне влагалища второго сверху листа¹. Оценку стадии развития микроспор проводили под микроскопом Leica CME, Leica Microsystems (Россия) на давленных цитологических препаратах, окрашенных ацетокармином. Собранные в поле колосья выдерживали при температуре 4 °С в течение 7 дней. После предобработки холодом колосья, находящиеся в колосовой трубке, поверхностно стерилизовали 96%-м спиртом и переносили в стерильные условия. Пыльники выделяли из боковых цветков средней части каждого колоса, в среднем около 50 пыльников с каждого колоса.

Культура пыльников *in vitro* включает два последовательных этапа. Первый связан с получением из микроспор новообразований (эмбриоидов или каллусов) на индукционной среде с регуляторами роста (рис. 1, б). Вторым заключается в развитии из новообразований целых растений на регенерационной среде при освещении (рис. 1, д).

Пыльники инокулировали в 100 мм Ø в 100-миллиметровые чашки Петри, содержащие 15–20 мл индукционной среды Chu, N6 (Duchefa C0204) с добавлением 90 г/л сахаров (сахароза: мальтоза – 2:1); миоинозитол – 100 мг/л; растительный агар – 6 г/л; кинетин – 0,5 мг/л. В работе использовали две концентрации регулятора роста 2,4 дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) – 1 и 2 мг/л.

¹ Данный морфологический маркер не должен использоваться как основной, поскольку он зависит от генотипа и условий выращивания. Поэтому необходимо проводить определение фазы развития микроспор в пыльниках под микроскопом для каждого нового опыта.

Для каждого генотипа было изучено не менее 100 пыльников в четырехкратной повторности. Чашки Петри с пыльниками 3–4 недели инкубировали в темноте при температуре 28 °С до появления первых эмбриоподобных структур (ЭС), затем продолжали инкубировать при температуре 25 °С для дальнейшего роста ЭС. После 30–40 дней инкубации ЭС, достигшие

в диаметре 1,5–2 мм, переносили на регенерационную среду Гамборга, В5 (Duchefa G0210) с добавлением сахарозы – 30 г/л и растительного агар – 5 г/л, НИК и кинетина – по 0,5 мг/л, с последующим пассажем на безгормональную среду. Регенерация проростков проходила при 16-часовом световом периоде и температуре 18–20 °С.

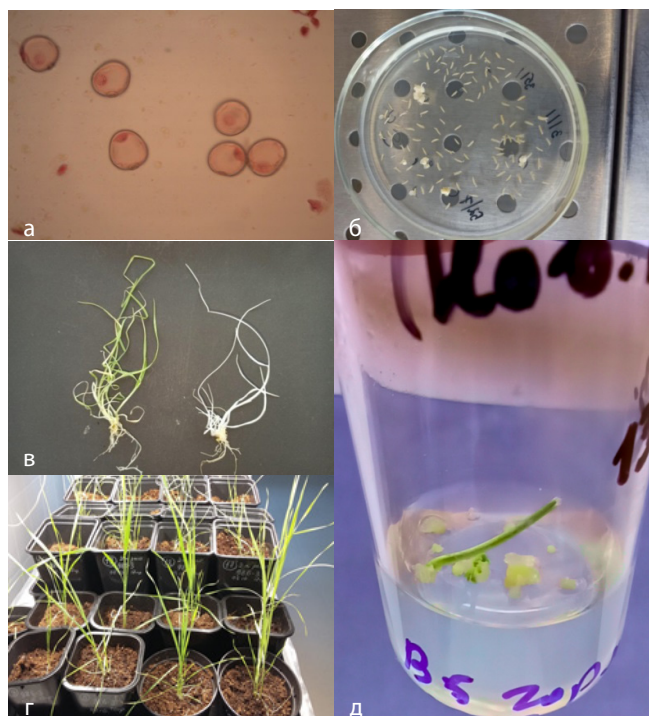


Рис. 1. Основные этапы получения растений-регенерантов в культуре пыльников *in vitro*:
а – микроспоры в средней одноядерной стадии; б – появление на пыльниках новообразований;
в – зеленый и альбиносный растения-регенеранты; г – выращивание растений-регенерантов;
д – регенерация зеленых проростков из новообразований

Fig. 1. The main stages of obtaining plants-regenerants in the anther culture *in vitro*:
а – microspores in the middle single-nuclear stage; б – emergency of sprouts on the anther;
с – green and albino plants-regenerants; д – cultivation of plants-regenerants;
е – regeneration of green seedlings from sprouts

Зеленые проростки с хорошо развитыми корнями и листьями пересаживали в искусственный грунт со смесью кокосового субстрата, универсального грунта и вермикулита в пропорции 3:2:1. Укоренившиеся растения выращивали под светодиодными лампами при температуре 19–21 °С и влажности около 50–60 % (рис. 1, г). Растения с озерненным колосом (спонтанно удвоенные гаплоиды) выращивали до полной зрелости зерна, стерильные растения (гаплоиды) выбраковывали. Каждый колос считали отдельной линией.

Для оценки эффективности культуры пыльников (КП) проводили учет по показателям: число продуктивных пыльников/100 пыльников (ЧПП/100П); число новообразований (эмбриоподобных структур и каллусов)/100 пыльников (ЧН/100П); число всех регенерантов/100 пыльников (ЧВР/100П); число зеленых регенерантов/100 пыльников (ЧЗР/100П); число всех регенерантов/100 новообразований (ЧВР/100Н).

Статистическая обработка данных была выполнена средствами программного пакета Microsoft Excel 2010. Расчет главных компонент через метод главных координат проводили при помощи программного пакета JACOBI4 (Полунин и др., 2014).

Результаты и их обсуждение. Эффективность культуры пыльников *in vitro* оцениваемых образцов изучали при культивировании пыльников на среде N6 с добавлением различных концентраций регулятора роста 2,4-Д. Всего на индукционную среду был инокулирован 3281 пыльник.

Продуктивными пыльниками (ПП) считали пыльники, у которых в результате деления микроспор образовалось одно и более новообразований (эмбриоподобные структуры и каллусы). Значения признака «число ПП/100П» варьировали от 7,47 до 1,70 в зависимости от генотипа и концентрации 2,4-Д. При 1 мг/л 2,4-Д достоверно выше среднего были значения у F₂, достоверно ниже – у Обской 2, остальные генотипы – на уровне среднего (табл. 1).

Таблица 1. Результаты оценки эффективности культуры пыльников сортов Обская 2, Новосибирская 15 и их F_1 и F_2 гибридов при добавлении в индукционную среду 1 и 2 мг/л регулятора роста 2,4-Д
Table 1. Results of the efficiency of the anther culture of the varieties 'Obская 2', 'Novosibirskaya 15' and their F_1 and F_2 hybrids with the addition of 1 and 2 mg/l of growth regulator 2.4-D to the induction medium

Генотип	Число продуктивных пыльников/на 100 пыльников			Число новообразований/на 100 пыльников			Число всех регенерантов/на 100 пыльников			Число зеленых регенерантов/на 100 пыльников			Число всех регенерантов/на 100 новообразований		
	1 мг/л	2 мг/л	Ср. зн.	1 мг/л	2 мг/л	Ср. зн.	1 мг/л	2 мг/л	Ср. зн.	1 мг/л	2 мг/л	Ср. зн.	1 мг/л	2 мг/л	Ср. зн.
F_2 (Об2хН15)	7,47*	1,70	4,59	10,31	2,27	6,29	5,41*	0,42	2,91	1,03	0,28	0,65	52,50	18,75	35,60
F_1 (Об2хН15)	3,63	4,17	3,90	3,93	1,79	2,86	0,60*	0,00	0,30	0,30	0,00	0,15	15,38*	0,00	7,69
Новосибирская 15	5,37	4,54	4,96	6,87	6,05*	6,46	3,28	2,16	2,72	0,00	1,08	0,54	47,83	35,71*	41,8
Обская 2	2,64*	1,80	2,22	4,28	0,90	2,59	2,01	0,00	1,00	0,88	0,00	0,44	47,06	0,00	23,5
Среднее значение	4,78	3,05		6,34	2,75		2,83	0,65		0,55	0,34		40,69	13,62	
Станд. отклонение	2,12	1,50		2,95	2,26		2,04	1,03		0,49	0,51		17,0	17,08	

Примечание. «*» – достоверное отличие от среднего значения.

Наибольшее число новообразований (ЧН/100П) наблюдалось у популяции F_2 , (10,31) при 1мг/л 2,4-Д, наименьшее было у сорта Обская 2 (0,90) при 2мг/л 2,4-Д. Достоверно превзошел среднее значение сорт Новосибирская 15 при концентрации 2 мг/л. В среднем популяция F_2 и сорт Новосибирская 15 формировали большее число новообразований – 6,29 и 6,46 соответственно, тогда как гибриды F_1 и Обская 2 характеризовались меньшим выходом новообразований – 2,86 и 2,59 соответственно.

Из сформированных новообразований на регенерационной среде развивались зеленые проростки и альбиносы (рис. 1, в), а также структуры, развивающиеся по типу ризогенеза, и структуры с отсутствием развития. Достоверно большее число проростков регенерировало на основе популяции F_2 – 5,41 при 1мг/л 2,4-Д.

Наиболее важным показателем КП является признак «число зеленых регенерантов на 100 выделенных пыльников (ЗР/100П)», поскольку практический интерес заключается именно в выходе зеленых проростков. По этому признаку максимальное значение составило 1,08 (Новосибирская 15) при 2 мг/л. Не формировали зеленых проростков образцы Обская 2 и гибриды F_1 при 2 мг/л и Новосибирская 15 при 1 мг/л 2,4-Д.

Чтобы установить, насколько эффективно новообразования дают проростки, оценивался признак «число всех регенерантов на 100 новообразований (ВР/100Н)». Максимальное значение по этому признаку было у популяции F_2 при 1мг/л 2,4-Д – 52,50. В среднем по генотипу лучше регенерировали новообразования из сорта Новосибирская 15 – 41,8, меньше всего проростков формировалось на основе гибридов F_1 – 7,69.

Большое значение имеют работы по изучению отзывчивости к андрогенезу *in vitro* вовлекаемых в скрещивания генотипов и отработка методических протоколов. Настоящее

исследование было выполнено для изучения реакции в культуре пыльников при разных концентрациях регулятора роста двух отличающихся по происхождению и признакам сортов, их гибридов F_1 и F_2 . Сорт пшеницы Обская 2 (Новосибирская 20 х Тулайковская 10) является среднеспелым, ценным по качеству. Ранний сорт Новосибирская 15 имеет в родословной сорта Безенчукская 98, Иртышанка 10, Тулунская и Новосибирская 22 и относится к сильным пшеницам. Разность происхождения изучаемых сортов объясняет значимые различия по признакам КП. В целом, для сорта Новосибирская 15 отмечается тенденция более высокой эффективности КП, чем у второго родительского сорта Обская 2, по признакам ЧПП/100П, ЧН/100П и ЧВР/100П превышение составило примерно 2 раза. Поэтому Новосибирская 15 может использоваться в скрещиваниях в качестве донора ценных аллелей высокой отзывчивости в андрогенезе *in vitro*.

Показатели андрогенеза *in vitro* имеют генотипическую зависимость. Известно, что признаки индукция новообразований, регенерация и частота зеленых проростков регулируются разными генами и наследуются независимо (El-Fatah et al., 2020).

Эффективность КП гибридов была различной. Показатели признаков у F_2 близки к значениям более отзывчивого родителя (Новосибирской 15). Значения признаков гибридов F_1 меньше по сравнению с Новосибирской 15 и гибридами F_2 и близки к менее эффективному в КП родителю, Обской 2. Это можно объяснить как проявление в F_1 гибридной депрессии. В литературе описывается сходное явление, однако отмечается, что гетерозиготные генотипы имеют более высокую частоту андрогенных пыльников, чем среднее значение их родителей (El-Fatah et al., 2020).

Изучение зависимости эффективности культуры пыльников от концентрации регулятора роста 2,4-Д в индукционной среде пока-

зало, что увеличение концентрации привело к снижению показателей оцениваемых признаков для популяции F_2 , Обской 2 и гибридов F_1 (за исключением признака ЧПП/100П). Родительский сорт Новосибирская 15 характеризуется примерно равной эффективностью на различных концентрациях фитогормона, однако все зеленые растения регенерировали при концентрации 2 мг/л. Выявлено, что наиболее эффективной является культура пыльников при добавлении в индукционную среду регулятора роста в концентрации 1 мг/л.

По результатам проведенного компонентного анализа данных установлено, что

изменчивость определяется двумя главными компонентами, на долю которых приходится 55 и 38 %. В первую компоненту с относительно большими коэффициентами нагрузки вошли оцениваемые признаки при концентрации 2 мг/л, во вторую – признаки при 1 мг/л 2,4-D, за исключением признака «число ПП/100П», который при 2 мг/л вошел в PCo_2 . На графике распределения генотипов видно, что при проекции на ось абсцисс (PCo_1) сорта Обская 2 и Новосибирская 15 удалены друг от друга, что дает основание считать их сортами с различной эффективностью в культуре пыльников (рис. 2).

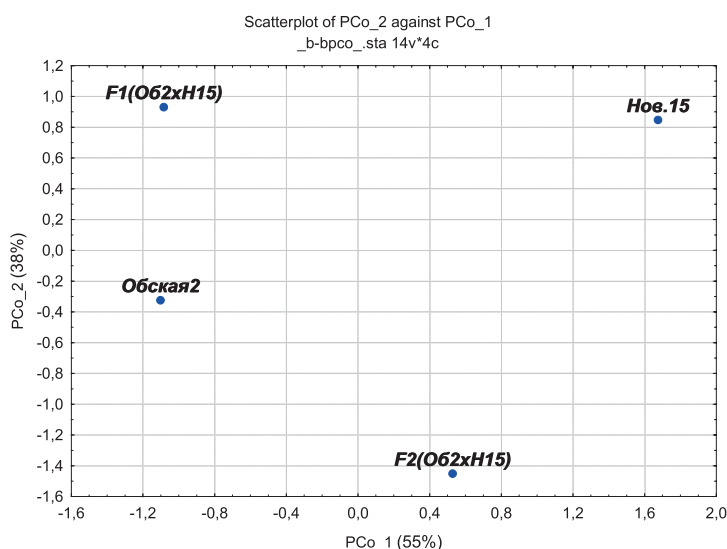


Рис. 2. График распределения генотипов. Компонентный анализ эффективности культуры пыльников сортов Обская 2, Новосибирская 15 и их гибридов при различной концентрации регулятора роста 2,4-D

Fig. 2. Graph of the distribution of genotypes. Component analysis of the efficiency of the anther culture of the varieties 'Obskaya 2', 'Novosibirskaya 15' and their hybrids at different concentrations of the growth regulator 2,4-D

Гибриды F_1 находятся на уровне менее отзывчивого в культуре пыльников сорта Обская 2, а популяция F_2 занимает промежуточное положение между родительскими сортами.

Всего в результате проведенного опыта было получено 28 ДН-линий из 11 семей растений-регенерантов, которые оценивались в полевых условиях по комплексу хозяйственно ценных признаков. Лучшие образцы в настоящее время включены в селекционный процесс ИЦиГ СО РАН.

Выводы. В нашей работе изучен андрогенетический потенциал сортов пшеницы Обская 2, Новосибирская 15 и их гибридов в первом и втором поколении, созданы линии удвоенных гаплоидов. Показана различ-

ная отзывчивость в КП у оцениваемых сортов. Новосибирская 15 оценена как сорт с хорошей эффективностью КП. Популяция F_2 превзошла по показателям андрогенеза *in vitro* гибриды F_1 , которые проявляли гибридную депрессию и по значениям признаков были близки к менее эффективному в КП родителю – Обской 2. Для данных генотипов наиболее эффективной оказалась индукция андрогенеза *in vitro* при добавлении 2,4-D в концентрации 1 мг/л. Полученные ДН-линии включены в селекционные программы ИЦиГ СО РАН.

Благодарности. Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWN-2022-0037. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Библиографические ссылки

1. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А. Сравнительная оценка частоты образования андроклиновых эмбрионидов у родительских сортов, гибридов F_1 и дигаплоидных линий гибридов F_1 яровой мягкой пшеницы // Пермский аграрный вестник. 2015. № 2 (10). С. 66–71.
2. Некрасова О.А., Калинина Н.В. Факторы, влияющие на процессы андрогенеза при культивировании пыльников пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 25–30. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-25-30.
3. Першина Л.А., Осадчая Т.С., Бадаева Е.Д., Белан И.А., Россеева Л.П. Изучение особенностей андрогенеза в культуре пыльников сортов и перспективной формы яровой мягкой пшеницы

западно-сибирской селекции, различающихся наличием или отсутствием пшенично-чужеродных транслокаций // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 17, № 1. С. 40–49.

4. Полуниин Д. А., Штайгер И. А., Ефимов В. М. Разработка программного комплекса JACOBI 4 для многомерного анализа микрочиповых данных // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2014. Т. 12, Вып. 2. С. 90–98.

5. Тимонова Е. М., Адонина И. Г., Салина Е. А. Изучение влияния чужеродных транслокаций на показатели андрогенеза *in vitro* у линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 1. С. 127–134.

6. Castillo A. M., Sánchez-Díaz R. A., Vallés M. P. Effect of ovary induction on bread wheat anther culture: ovary genotype and developmental stage, and candidate gene association // Frontiers in Plant Science. 2015. Vol. 6. P. 402. DOI: 10.3389/fpls.2015.00402.

7. El-Fatah A., Bahaa E. S., Sayed M. A., El-Sanussy S. A. Genetic analysis of anther culture response and identification of QTLs associated with response traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Molecular Biology Reports. 2020. Vol. 47, № 12. P. 9289–9300. DOI: 10.1007/s11033-020-06007-z.

8. Lantos C., Pauk J. Factors influencing the efficiency of wheat anther culture // Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica. 2020. Vol. 62, № 2. P. 7–16. DOI: 10.24425/abcsb.2020.131671.

9. Lazaridou T., Pankou C., Xynias I., Roupakias D. Effect of D genome on wheat anther culture response after cold and mannitol pretreatment // Acta Biologica Cracoviensia s. Botanica. 2016. Vol. 58, № 1. DOI: 10.1515/abcsb-2016-0006.

10. Nielsen N. H., Andersen S. U., Stougaard J., Jensen A., Backes G., Jahoor A. Chromosomal regions associated with the *in vitro* culture response of wheat (*Triticum aestivum* L.) microspores // Plant breeding. 2015. Vol. 134, № 3. С. 255–263. DOI: 10.1111/pbr.12257.

References

1. Kruglova N. N., Sel'dimirova O. A. Sravnitel'naya otsenka chastoty obrazovaniya androklin-nykh embrioidov u roditel'skikh sortov, gibridov F_1 i digaploidnykh linii gibridov F_1 yarovoi myagkoi pshenitsy [Comparative estimation of the frequency of formation of androclinal embryoids in parental varieties, F_1 hybrids and dihaploid lines of F_1 hybrids of spring bread wheat] // Permskii agrarnyi vestnik. 2015. № 2 (10). С. 66–71.

2. Nekrasova O. A., Kalinina N. V. Faktory, vliyayushchie na protsessy androgeneza pri kul'tivirovani pyl'nikov pshenitsy (obzor) [Factors influencing the androgenesis processes during wheat anthers' cultivation (review)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Т. 14, № 3. С. 25–30. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-25-30.

3. Pershina L. A., Osadchaya T. S., Badaeva E. D., Belan I. A., Rosseeva L. P. Izuchenie osobennosti androgeneza v kul'ture pyl'nikov sortov i perspektivnoi formy yarovoi myagkoi pshenitsy zapadnosibirskoi seleksii, razlichayushchikhsya nalichiem ili otsutstviem pshenichno-chuzherodnykh translokatsii [Study of the characteristics of androgenesis in the anthers culture of varieties and a promising form of spring bread wheat of West Siberian breeding, differing in the presence or absence of wheat-alien translocations] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2014. Т. 17, № 1. С. 40–49.

4. Polunin D. A., Shtager I. A., Efimov V. M. Razrabotka programmno kompleksa JACOBI 4 dlya mnogomernogo analiza mikrochipovykh dannykh [Development of the JACOBI 4 software package for multivariate analysis of microchip data] // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii. 2014. Т. 12, Вып. 2. С. 90–98.

5. Timonova E. M., Adonina I. G., Salina E. A. Izuchenie vliyaniya chuzherodnykh translokatsii na pokazateli androgeneza *in vitro* u linii myagkoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) [Study of the effect of alien translocations on the androgenesis' parameters *in vitro* in the bread wheat lines (*Triticum aestivum* L.)] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2022. Т. 183, № 1. С. 127–134.

6. Castillo A. M., Sánchez-Díaz R. A., Vallés M. P. Effect of ovary induction on bread wheat anther culture: ovary genotype and developmental stage, and candidate gene association // Frontiers in Plant Science. 2015. Vol. 6. P. 402. DOI: 10.3389/fpls.2015.00402.

7. El-Fatah A., Bahaa E. S., Sayed M. A., El-Sanussy S. A. Genetic analysis of anther culture response and identification of QTLs associated with response traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Molecular Biology Reports. 2020. Vol. 47, № 12. P. 9289–9300. DOI: 10.1007/s11033-020-06007-z.

8. Lantos C., Pauk J. Factors influencing the efficiency of wheat anther culture // Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica. 2020. Vol. 62, № 2. P. 7–16. DOI: 10.24425/abcsb.2020.131671.

9. Lazaridou T., Pankou C., Xynias I., Roupakias D. Effect of D genome on wheat anther culture response after cold and mannitol pretreatment // Acta Biologica Cracoviensia s. Botanica. 2016. Vol. 58, № 1. DOI: 10.1515/abcsb-2016-0006.

10. Nielsen N. H., Andersen S. U., Stougaard J., Jensen A., Backes G., Jahoor A. Chromosomal regions associated with the *in vitro* culture response of wheat (*Triticum aestivum* L.) microspores // Plant breeding. 2015. Vol. 134, № 3. С. 255–263. DOI: 10.1111/pbr.12257.

Поступила: 06.10.22; доработана после рецензирования: 11.11.22; принята к публикации: 14.11.22.

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. Лихенко И. Е. – постановка цели и задач исследования; Пискарев В. В. – концептуализация исследования; Петраш Н. В. – сбор и анализ литературных данных, проведение лабораторных исследований, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Орлова Е. А. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СКРИНИНГ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ (LR) У СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

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

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

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

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

М. М. Иванисов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа, ivaniso561991@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В Ростовской области из зерновых колосовых культур озимой пшенице принадлежит ведущее место по занимаемой посевной площади. Селекционерами были созданы сорта пшеницы, потенциал продуктивности которых в 1,5–2 раза превышает их фактическую урожайность в производстве. Одним из наиболее важных факторов, способных дестабилизировать валовые сборы зерна, снизить урожайность культуры являются паразитические организмы, из которых наиболее опасными являются возбудители ржавчины (*Puccinia triticina*, *P. striiformis*, *P. graminis*). Бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) – одно из опасных заболеваний пшеницы. Генетическое разнообразие выращиваемых сортов по типам устойчивости и генам, ее контролирующим, обеспечивает надежную защиту пшеницы от этого патогена. Цель наших исследований – выявление генов устойчивости к бурой ржавчине (Lr-генов) с использованием маркерной селекции у линий озимой мягкой пшеницы. Исследования проводили в 2020–2021 годах. Объектом исследований были 311 линий озимой мягкой пшеницы ФГБНУ «АНЦ» Донской». В изучении линий озимой мягкой пшеницы применяли следующие методы: выделение ДНК при помощи СТАВ, постановка ПЦР, проведение электрофореза на агарозных гелях. С использованием молекулярных маркеров нами была проведена идентификация 24 образцов с функциональным аллелем гена *Lr10* (1672, 518/21 (1), 595/21 (1), 595 (4), 625/21, 626/21 и др.), 49 образцов с доминантным аллелем *Lr26* (1105, 502/21, 526/21 (1), 526/21 (2), 529/21 (12), 557/21 и др.), 13 линий с аллелем устойчивости гена *Lr37* (1105, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1615 и др.). Также установлено, что ген *Lr17a* у изучаемых линий не был выявлен.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, бурая ржавчина, Lr, ген, устойчивость.

Для цитирования: Жогалева О. С., Вожжова Н. Н., Шумская О. В., Дубина А. Ю., Иванисов М. М. Скрининг генов устойчивости к бурой ржавчине (Lr) у селекционных линий озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 23–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-23-28.



SCREENING OF LEAF RUST RESISTANCE GENES (LR) IN THE BREEDING LINES OF WINTER BREAD WHEAT

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

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

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

M. M. Ivanisov, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, ivaniso561991@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

In the Rostov region, among cereal crops, winter wheat occupies a leading position in terms of the sown area. Breeders have developed wheat varieties, a productivity potential of which is 1.5–2 times higher than their actual yield in production. One of the most important factors that can destabilize gross grain harvests and reduce productivity are parasitic organisms, the most dangerous of which are rust pathogens (*Puccinia triticina*, *P. striiformis*, *P. graminis*). Brown rust (pathogen *Puccinia triticina* Erikss.) is one of the dangerous wheat diseases. The genetic diversity of cultivated varieties according to resistance types and genes that control it, provides reliable wheat protection against this pathogen. The purpose of the current study was to identify leaf rust resistance genes (Lr-genes) using marker selection for the winter bread wheat lines. The study was carried out in 2020–2021. The objects of research were 311 winter bread wheat lines of the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy". In the study of winter bread wheat lines, there

were used such methods as DNA isolation using CTAB, PCR, and electrophoresis on agarose gels. Using molecular markers, there have been identified 24 samples with a functional allele of the *Lr10* gene (1672, 518/21 (1), 595/21 (1), 595 (4), 625/21, 626/21, etc.), 49 samples with the dominant allele *Lr26* (1105, 502/21, 526/21 (1), 526/21 (2), 529/21 (12), 557/21, etc.), 13 lines with the resistance allele of the *Lr37* gene (1105, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1615, etc.). There was also found that the *Lr17a* gene was not detected in the studied lines.

Keywords: winter bread wheat, leaf rust, *Lr* gene, resistance.

Введение. Листовая (бурая) ржавчина (*Puccinia triticina* Eriks.) – одно из самых опасных заболеваний мягкой пшеницы во всем мире. В научных учреждениях для оценки генетического разнообразия пшеницы по локусам устойчивости к бурой ржавчине и для выявления ассоциированных молекулярных маркеров используют три подхода: полногеномное ассоциативное исследование (GWAS), маркерную селекцию (MAS) и фитопатологическую оценку в полевых условиях (Зеленева и др., 2013; Мышастая и др., 2018; Шишкин и др., 2018; Leonova et al., 2020; Гульяева и Шайдаюк, 2021; Kozyrev et al., 2021; Manukyan and Doguzova, 2021).

На данный момент определено более 80 генов устойчивости к листовой ржавчине (*Lr*). Однако не все из них были успешно использованы в программах селекции пшеницы (Liu et al., 2021).

Большинство идентифицированных к настоящему времени *Lr*-генов обеспечивают качественную резистентность, которая зависит от расы и приводит к гиперчувствительному ответу или гибели клеток при заражении. Этот тип устойчивости известен как вертикальная, или рассадная, при которой развиваются ген резистентности в хозяине и ген авирулентности в патогене.

Однако такое сопротивление недолговечно из-за его разрушения новыми вирулентными расами. Данная резистентность контролируется генами с небольшими эффектами, обеспечивающими долгосрочную резистентность и сниженную восприимчивость. Большинство выявленных *Lr*-генов придают устойчивость к листовой ржавчине на стадии проростков и зависят от расы. За исключением нескольких генов, таких как *Lr34*, *Lr46*, *Lr67* и *Lr68*, которые являются генами устойчивости взрослых растений и не являются специфичными для расы. Комбинация генов устойчивости, как проростков, так и взрослых растений, может усилить устойчивость к бурой ржавчине (Vikas et al., 2022).

Также необходимо отметить, что одной из основных проблем иммунитета пшеницы к болезням является краткосрочная эффективность большинства *Lr*-генов. К снижению эффективности генов приводят микроэволюционные процессы внутри популяции и появление новых вирулентных рас фитопатогена, которые способны преодолевать устойчивость сорта. В результате многие из известных *Lr*-генов становятся неэффективными (Leonova et al., 2020).

Е. И. Гульяева и Е. Л. Шайдаюк (2021) в своей работе пишут, что российские сорта пшеницы обладают высокоэффективными генами *Lr24*,

Lr25, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41* (39), *Lr47*, *Lr66*; частично эффективными генами *Lr9*, *Lr19*; генами устойчивости взрослых растений *Lr21*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr37*; а также малоэффективными генами *Lr1*, *Lr3*, *Lr10*, *Lr20* и *Lr26*.

Ранее нами проводилась работа по идентификации некоторых генов устойчивости к бурой ржавчине (*Lr10*, *Lr17a*, *Lr26*, *Lr37*) в коллекционном материале озимой мягкой пшеницы (Вожжова, 2017; Вожжова и др., 2018; Мышастая и др., 2019; Вожжова и Ионов, 2020). Линии-потомки сортов с выявленными генами устойчивости являются интересным материалом для селекционеров.

В связи с этим целью наших исследований являлось выявление генов устойчивости к бурой ржавчине (*Lr*-гены) у изучаемых линий озимой мягкой пшеницы.

Материалы и методы исследований. Исследования были проведены в 2020–2021 гг. в лаборатории маркерной (в настоящее время – клеточной) селекции ФГБНУ «АНЦ» Донской г. Зернограда. Материалом исследований являются 311 линий мягкой озимой пшеницы, полученные от скрещиваний ранее идентифицированных сортов с генами устойчивости *Lr10*, *Lr17a*, *Lr26* и *Lr37* с сортами и линиями озимой мягкой пшеницы различного происхождения (подробная информация об исходных родительских сортах является конфиденциальной собственностью лаборатории селекции озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Линии были выращены на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской» по предшественнику кукуруза на зерно в различных селекционных питомниках. Оценка устойчивости к бурой ржавчине проводилась в полевых условиях по общепринятой методике (Peterson et al., 1948). Естественные условия не позволили оценить материал на поражение данным патогеном, так как у большинства образцов поражение бурой ржавчиной отсутствовало. От каждой линии отбирались образцы растительных тканей для дальнейшего исследования.

Выделение геномной ДНК из растительного материала (листья и зерно) озимой мягкой пшеницы выполняли на основе СТАВ метода, используя набор для выделения «ДНК-Экстран-3» («Синтол», Россия). В качестве положительного контроля при идентификации генов использованы образцы пшеницы, в которых гены устойчивости были идентифицированы ранее, а в качестве отрицательного контроля – деионизированная вода и образцы, в которых функциональные гены устойчивости не выявлены.

Полимеразную цепную реакцию проводили в амплификаторе T100 Thermal Cycler (BioRad, США) по протоколам, предложенным

разработчиками праймеров. В ходе исследований были использованы молекулярные маркеры: *Lr10* – LrK10-D (Schachermayer et al., 1997), *Lr17a* – Xqwm 614 (Bremenkamp-Barrett et al., 2008), *Lr26* – SCM 9 (Weng et al., 2007), *Lr37* – Ventriup/LN 2 (Helguera et al., 2003).

После прохождения ПЦР образцы ставили на агарозные 2-процентные гели. Использовали маркер молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50 bp (50–1000 п.н.). Гели окрашивали в этидий бромиде и фотографировали в ультрафиолетовом свете. Обработку данных проводили в программах Bio-Rad GelDoc Lab Image 5.1 и Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований нами было проанализировано различное количество линий по каждому из целевых генов. Этот параметр варьировал от запроса селекционеров, которые формировали списки в зависимости от известного им генетического фона.

Сначала нами были проанализированы 53 линии озимой мягкой пшеницы на ген *Lr10*. В результате анализов было установле-

но, что у 24 (45,28 %) линий имелся этот ген устойчивости к бурой ржавчине. Так, на рисунке 1 представлена одна из электрофореграмм скрининга, на которой верхние полосы свидетельствуют о прохождении полимеразной цепной реакции (ПЦР), а бэнды в районе 300 пар оснований – о наличии целевого аллеля гена.

У всех образцов, кроме 625/8, 626/1 и 626/5, ампликоны находятся на одном уровне с ампликонами контрольных образцов. Следовательно, у них имеется искомым ген устойчивости к бурой ржавчине *Lr10*.

Следует также отметить, что у 11 линий был обнаружен нефункциональный аллель. К их числу относятся и линии 625/8, 626/1 и 626/5, представленные на рисунке 1.

На ген *Lr17a* было проанализировано 62 линии озимой мягкой пшеницы (1116, 1118, 1122, 602/21 и др.). У данных линий ген устойчивости к бурой ржавчине (*Lr17a*) не был выявлен.

На ген *Lr26* было проанализировано 129 линий. На рисунке 2 представлена одна из электрофореграмм образцов озимой мягкой пшеницы в этом исследовании.

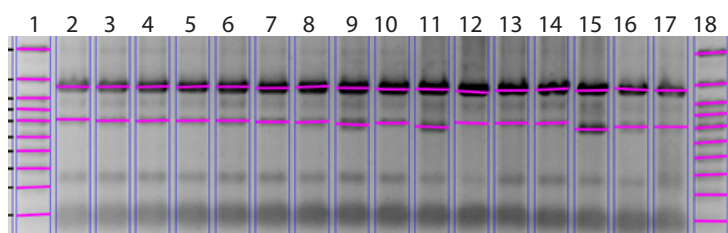


Рис. 1. Электрофореграмма скрининга линий озимой мягкой пшеницы по гену *Lr10* на агарозном геле.

Продукты амплификации с маркером LrK10-D: 1 и 18 – маркер молекулярного веса Евроген 50bp (размер бэндов снизу вверх: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 700 п.н.); 2 – 625/1; 3 – 625/2; 4 – 625/3; 5 – 625/4; 6 – 625/5; 7 – 625/6; 8 – 625/7; 9 – 625/8; 10 – 625/9; 11 – 626/1; 12 – 626/2; 13 – 626/3; 14 – 626/4; 15 – 626/5; 16 – TchrLr10 (положительный контроль); 17 – Шеф (положительный контроль)

Fig. 1. Electrophoregram of screening of the winter bread wheat lines according to the *Lr10* gene on agarose gel.

Amplification products with LrK10-D marker: 1 and 18 – Eurogen 50bp molecular weight marker (band size from bottom to top: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 700); 2 – 625/1; 3 – 625/2; 4 – 625/3; 5 – 625/4; 6 – 625/5; 7 – 625/6; 8 – 625/7; 9 – 625/8; 10 – 625/9; 11 – 626/1; 12 – 626/2; 13 – 626/3; 14 – 626/4; 15 – 626/5; 16 – TchrLr10 (positive control); 17 – Shef (positive control)

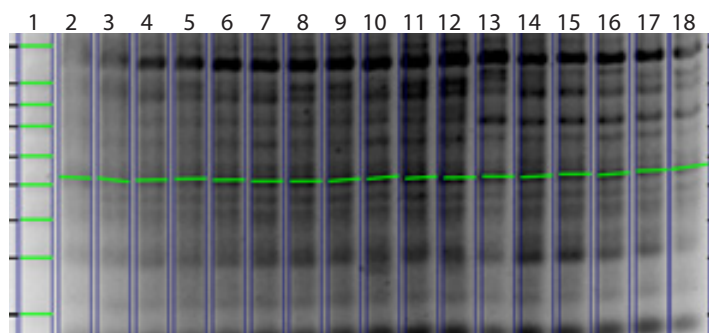


Рис. 2. Электрофореграмма скрининга линий озимой мягкой пшеницы по гену *Lr26* на агарозном геле.

Продукты амплификации с маркером SCM 9: 1 и 18 – маркер молекулярного веса Евроген 50bp (размер бэндов снизу вверх: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 700 п.н.); 2 – TchrLr26 (положительный контроль); 3 – 502/21 (1); 4 – 502/21 (2); 5 – 502/21 (3); 6 – 502/21 (4); 7 – 502/21 (5); 8 – 502/21 (6); 9 – 502/21 (7); 10 – 502/21 (8); 11 – 502/21 (9); 12 – 502/21 (10); 13 – 526/21 (1); 14 – 526/21 (2); 15 – 526/21 (3); 16 – 526/21 (4); 17 – 526/21 (5); 18 – 526/21 (6)

Fig. 2. Electrophoregram of screening of the winter bread wheat lines according to the *Lr26* gene on agarose gel.

Amplification products with SCM 9 marker: 1 and 18 – Eurogen 50bp molecular weight marker (band size from bottom to top: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 700); 2 – TchrLr26 (positive control); 3 – 502/21 (1); 4 – 502/21 (2); 5 – 502/21 (3); 6 – 502/21 (4); 7 – 502/21 (5); 8 – 502/21 (6); 9 – 502/21 (7); 10 – 502/21 (8); 11 – 502/21 (9); 12 – 502/21 (10); 13 – 526/21 (1); 14 – 526/21 (2); 15 – 526/21 (3); 16 – 526/21 (4); 17 – 526/21 (5); 18 – 526/21 (6)

У образцов 3–14 идентифицирован ампликон размером 207 пар нуклеотидов, что соответствует размеру ампликона контрольного образца сорта Thatcher с геном *Lr26*. Следовательно, у этих образцов имеется целевой ген. У образцов 15–18 идентифицированы ампликоны размером 228 пар нуклеотидов, что соответствует наличию в них транслокации 1AL.1RS, не содержащей целевой ген *Lr26*.

Всего было установлено, что у 49 линий (502/21 (1), 502/21 (2), 502/21 (3), 1347, 1353, 1436, и др.) имелся ген устойчивости к бурой

ржавчине (37,98 %). Следует также отметить, что у 56 линий (43,41%) был обнаружен нефункциональный аллель и у 24 образцов (18,60 %) ген отсутствовал.

Из всех рассмотренных выше генов устойчивости к бурой ржавчине ген *Lr37* является наиболее эффективным, так как относится к так называемым генам возрастной устойчивости. Всего на его наличие было проанализировано 86 линий озимой мягкой пшеницы. На рисунке 3 представлена электрофореграмма скрининга образцов с маркером Ventriup/LN 2.

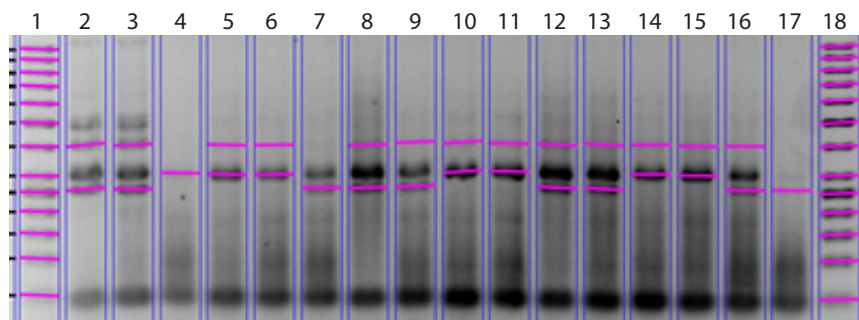


Рис. 3. Электрофореграмма скрининга линий озимой мягкой пшеницы по гену *Lr37* на агарозном геле.

Продукты амплификации с маркером Ventriup/LN 2:

- 1 и 18 – маркер молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50 bp (размер бэндов снизу вверх (50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 п.н.);
2 – Tchr*Lr37* (положительный контроль); 3 – CO 911 (положительный контроль); 4 – 1039; 5 – 1040; 6 – 1061; 7 – 1105; 8 – 1609; 9 – 1610; 10 – 1104; 11 – 1381; 12 – 1611; 13 – 1612; 14 – 1561; 15 – 1588; 16 – 1613; 17 – 1615

Fig. 3. Electrophoregram of screening of the winter bread wheat lines according to the *Lr37* gene on agarose gel.

Amplification products with Ventriup/LN 2:

- 1 and 18 – Thermo Scientific GeneRuler 50bp molecular weight marker
(band size from bottom to top: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000);
2 – Tchr*Lr37* (positive control); 3 – CO 911 (positive control); 4 – 1039; 5 – 1040; 6 – 1061; 7 – 1105; 8 – 1609; 9 – 1610; 10 – 1104; 11 – 1381; 12 – 1611; 13 – 1612; 14 – 1561; 15 – 1588; 16 – 1613; 17 – 1615

Ампликон размером 259 пар нуклеотидов, аналогичный размеру ампликонов положительных контролей, идентифицирован у образцов 7–9 (1105, 1609, 1610), 12 (1611), 13 (1612), 16 (1613) и 17 (1615). У остальных образцов, представленных на электрофореграмме, целевой ген не идентифицирован.

В результате проведенных анализов нами было установлено, что ген *Lr37* имеется у 13 линий (15,12 %), 64 линии (74,42 %) имели неспецифический размер аллеля, а у 9 линий (10,47 %) данный ген отсутствовал.

В итоге проведенного исследования был выявлен ряд селекционных образцов озимой мягкой пшеницы, имеющих в своем генотипе гены устойчивости к бурой ржавчине *Lr10*, *Lr26* и *Lr37*.

Выводы. В результате исследований было идентифицировано:

– 24 образца озимой мягкой пшеницы с геном *Lr10*, таких как 1672, 518/21 (1), 595/21 (1), 595 (4), 625/21, 626/21 и др.

– 49 образцов озимой мягкой пшеницы с геном *Lr26*, таких как 1105, 502/21, 526/21 (1), 526/21 (2), 529/21 (12), 557/21 и др.

– 13 образцов озимой мягкой пшеницы с геном *Lr37*, таких как 1105, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1615 и др.

Выявленные образцы озимой мягкой пшеницы с функциональным аллелем устойчивости к бурой ржавчине (*Lr*-гены: 10, 26, 37) авторы работы рекомендуют использовать в селекционных программах на устойчивость к болезням.

Библиографические ссылки

1. Вожжова Н.Н. Выявление транслокации 1BL.1RS в коллекционном материале озимой пшеницы // Биология – наука XXI века. Сборник тезисов. 21-я международная Пушкинская школа-конференция молодых ученых. Изд-во: Пушкинский Научный центр РАН. 2017. С. 91–92.
2. Вожжова Н.Н., Марченко Д.М., Ионова Е.В. Выявление генов устойчивости к биотическим факторам у образцов озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6 (60). С. 52–55. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-52-55.
3. Вожжова Н.Н., Ионова Е.В. Оценка генофонда озимой мягкой пшеницы коллекции CIMMYT по наличию гена устойчивости к бурой ржавчине *Lr10* // Аграрная наука. 2020. № 10. С. 50–52. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-342-10-50-52.

4. Гулятьева Е. И., Шайдаюк Е. Л. Идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине у новых российских сортов мягкой пшеницы // Биотехнология и селекция растений. 2021. № 4(2). С. 15–27. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-02.
5. Зеленева Ю. В., Гулятьева Е. И., Плахотник В. В. Идентификация LR-генов у образцов мягкой пшеницы, устойчивых к возбудителю бурой ржавчины в условиях ЦЧР, с использованием ДНК-маркеров [Электронный ресурс] // Вестник защиты растений. 2013. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-lr-genov-u-obraztsov-myagkoy-pshenitsy-ustoychivyh-k-vozbuditelyu-buroy-rzhavchiny-v-usloviyah-tschr-s> (дата обращения: 20.09.2022).
6. Мышастая А. Ю., Вожжова Н. Н., Марченко Д. М., Ионова Е. В. Скрининг образцов озимой мягкой пшеницы на наличие гена устойчивости к бурой ржавчине LR17A // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5. С. 68–70. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-68-70.
7. Шишкин Н. В., Дерова Т. Г., Гулятьева Е. И., Шайдаюк Е. Л. Определение генов устойчивости к бурой ржавчине у сортов озимой мягкой пшеницы с использованием традиционных и современных методов исследований // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5. С. 63–67. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-63-67.
8. Bremerkamp-Barrett B., Faris J. D., Fellers J. P. Molecular Mapping of the Leaf Rust Resistance Gene *Lr17a* in Wheat // Crop Science. 2008. Vol. 48, № 3. P. 1124–1128. DOI: 10.2135/cropsci2007.07.0379.
9. Helguera M., Khan I. A., Kolmer J. et. al. PCR assays for the Lr37-Yr17-Sr38 cluster of rust resistance genes and their use to develop isogenic hard red spring wheat lines // Crop Science. 2003. Vol. 43. P. 1839–1847.
10. Kozirev S. G., Manukyan I. R., Basieva M. A., Miroshnikova E. S., Dogusova N. N. Breeding of winter wheat for resistance to leaf rust in the foothill zone of the Central Caucasus // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1942. P. 012054. DOI: 10.1088/1742-6596/1942/1/012054.
11. Leonova I. N., Skolotneva E. S., Salina E. A. Genome-wide association study of leaf rust resistance in Russian spring wheat varieties [published correction appears in BMC Plant Biol. 2021. 21(1):43] // BMC Plant Biol. 2020. Vol. 20 (Suppl 1). P. 135. DOI: 10.1186/s12870-020-02333-3.
12. Liu Y., Gebrewahid T. W., Zhang P., Li Z., Liu D. Identification of leaf rust resistance genes in common wheat varieties from China and foreign countries // Journal of Integrative Agriculture. 2021. Vol. 20(5). P. 1302–1313. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63371-8.
13. Manukyan I. R., Doguzova N. Resistance of winter wheat cultivars to leaf rust in conditions of the Central Caucasus // General question of world science: Collection of scientific papers on materials XII International Scientific Conference. Brussels: Science Russia. 2021. P. 55–60. DOI: 10.18411/gq-31-03-2021-14.
14. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canad. J. Res. (Section C). 1948. Vol. 26. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.
15. Schachermayer G., Feuillet C., Keller B. Molecular markers for detection of the wheat leaf rust resistance gene *Lr 10* in diverse genetic backgrounds // Mol. Breeding. 1997. Vol. 3. P. 65–74.
16. Vikas V. K., Pradhan A. K., Budhlakoti N., Mishra D. C., Chandra T., Bhardwaj S. C., Kumar S., Sivasamy M., Jayaprakash P., Nisha R., Shajitha P., Peter J., Geetha M., Mir R. R., Singh K., Kumar S. Multi-locus genome-wide association studies (ML-GWAS) reveal novel genomic regions associated with seedling and adult plant stage leaf rust resistance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // Heredity. 2022. Vol. 128(6). P. 434–449. DOI: 10.1038/s41437-022-00525-1.
17. Weng Y., Azhaguvel P., Devkota R. N., Rudd J. C. PCR-based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat-rye translocations in wheat background // Plant Breeding. 2007. Vol. 126, № 5. P. 482–486. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2007.01331.

References

1. Vozhzhova N. N. Vyyavlenie translokatsii 1BL.1RS v kollektsionnom materiale ozimoi pshenitsy [Identification of the 1BL.1RS translocation in winter wheat collection material] Biologiya – nauka XXI veka: 21-ya mezhdunarodnaya Pushchinskaya shkola-konferentsiya molodykh uchenykh, Pushchino, 17–21 aprelya 2017 g. Izd-vo: Pushchinskii Nauchnyi tsentr RAN. 2017. S. 91–92.
2. Vozhzhova N. N., Marchenko D. M., Ionova E. V. Vyyavlenie genov ustoichivosti k bioticheskim faktoram u obraztsov ozimoi pshenitsy [Identification of resistance genes to biotic factors among the winter wheat varieties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 6 (60). S. 52–55. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-52-55.
3. Vozhzhova N. N., Ionova E. V. Otsenka genofonda ozimoi myagkoi pshenitsy kollektsii CIMMYT po nalichiyu gena ustoichivosti k buroi rzhavchine *Lr10* [Estimation of the gene pool of winter bread wheat of the CIMMYT collection due to the presence of the '*Lr10*' leaf rust resistance gene] // Agrarnaya nauka. 2020. № 10. S. 50–52. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-342-10-50-52.
4. Gul'tyaeva E. I., Shaidayuk E. L. Identifikatsiya genov ustoichivosti k buroi rzhavchine u novykh rossiskikh sortov myagkoi pshenitsy [Identification of leaf rust resistance genes among the new Russian bread wheat varieties] // Biotekhnologiya i selektsiya rastenii. 2021. № 4(2). S. 15–27. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-02.
5. Zeleneva Yu. V., Gul'tyaeva E. I., Plakhotnik V. V. Identifikatsiya LR-genov u obraztsov myagkoi pshenitsy, ustoichivyyh k vozbuditelyu buroi rzhavchiny v usloviyakh TsChR, s ispol'zovaniem DNK-markirov [Identification of 'LR' genes among the bread wheat varieties resistant to leaf rust pathogen under conditions of the Central Blackearth Region using DNA-markers] [Elektronnyi resurs] // Vestnik zashchity rastenii. 2013. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-lr-genov-u-obraztsov-myagkoy-pshenitsy-ustoychivyh-k-vozbuditelyu-buroy-rzhavchiny-v-usloviyah-tschr-s> (data obrashcheniya: 20.09.2022).

6. Myshastaya A. Yu., Vozhzhova N. N., Marchenko D. M., Ionova E. V. Skrining obraztsov ozimoi myagkoi pshenitsy na nalichie gena ustoichivosti k buroi rzhavchine LR17A [Screening of the winter bread wheat varieties for the presence of leaf rust resistance gene 'LR17A'] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2019. № 5. S. 68–70. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-68-70.
7. Shishkin N. V., Derova T. G., Gul'tyaeva E. I., Shaidayuk E. L. Opredelenie genov ustoichivosti k buroi rzhavchine u sortov ozimoi myagkoi pshenitsy s ispol'zovaniem traditsionnykh i sovremennykh metodov issledovaniy [Identification of leaf rust resistance genes among the winter bread wheat varieties using conventional and modern research methods] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2018. № 5. S. 63–67. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-63-67.
8. Bremenkamp-Barrett B., Faris J. D., Fellers J. P. Molecular Mapping of the Leaf Rust Resistance Gene *Lr17a* in Wheat // *Crop Science*. 2008. Vol. 48, № 3. P. 1124–1128. DOI: 10.2135/cropsci2007.07.0379.
9. Helguera M., Khan I. A., Kolmer J. et. al. PCR assays for the Lr37-Yr17-Sr38 cluster of rust resistance genes and their use to develop isogenic hard red spring wheat lines // *Crop Science*. 2003. Vol. 43, P. 1839–1847.
10. Kozyrev S. G., Manukyan I. R., Basieva M. A., Miroshnikova E. S., Dogusova N. N. Breeding of winter wheat for resistance to leaf rust in the foothill zone of the Central Caucasus // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1942, P. 012054. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1942/1/012054>. DOI: 10.1088/1742-6596/1942/1/012054.
11. Leonova I. N., Skolotneva E. S., Salina E. A. Genome-wide association study of leaf rust resistance in Russian spring wheat varieties [published correction appears in *BMC Plant Biol*. 2021. 21(1):43] // *BMC Plant Biol*. 2020. Vol. 20 (Suppl 1), P. 135. DOI: 10.1186/s12870-020-02333-3.
12. Liu Y., Gebrewahid T. W., Zhang P., Li Z., Liu D. Identification of leaf rust resistance genes in common wheat varieties from China and foreign countries // *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20(5), P. 1302–1313. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63371-8.
13. Manukyan I. R., Doguzova N. Resistance of winter wheat cultivars to leaf rust in conditions of the Central Caucasus // *General question of world science: Collection of scientific papers on materials XII International Scientific Conference*. Brussels: Science Russia. 2021. P. 55–60. DOI: 10.18411/gq-31-03-2021-14.
14. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // *Canad. J. Res. (Section C)*. 1948. Vol. 26, P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.
15. Schachermayer G., Feuillet C., Keller B. Molecular markers for detection of the wheat leaf rust resistance gene *Lr 10* in diverse genetic backgrounds // *Mol. Breeding*. 1997. Vol. 3, P. 65–74.
17. Vikas V. K., Pradhan A. K., Budhlakoti N., Mishra D. C., Chandra T., Bhardwaj S. C., Kumar S., Sivasamy M., Jayaprakash P., Nisha R., Shajitha P., Peter J., Geetha M., Mir R. R., Singh K., Kumar S. Multi-locus genome-wide association studies (ML-GWAS) reveal novel genomic regions associated with seedling and adult plant stage leaf rust resistance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Heredity*. 2022. Vol. 128(6), P. 434–449. DOI: 10.1038/s41437-022-00525-1.
18. Weng Y., Azhaguvel P., Devkota R. N., Rudd J. C. PCR-based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat-rye translocations in wheat background // *Plant Breeding*. 2007. Vol. 126, № 5. P. 482–486. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2007.01331.

Поступила: 10.10.22; доработана после рецензирования: 10.11.22; принята к публикации: 10.11.22.

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. Жогалева О. С. – проведение лабораторных опытов, анализ данных, подготовка рукописи; Вожжова Н. Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Шумская О. В. – сбор данных, подготовка рукописи; Дубина А. Ю. – проведение лабораторных опытов, анализ данных; Иванисов М. М. – сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СОЗДАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТА ОЗИМОЙ РЖИ ТАЛОВСКАЯ 45

В. В. Чайкин¹, доктор сельскохозяйственных наук, директор, Vladimir65chaikin@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-2447-9944;

А. А. Тороп¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции озимой ржи, alexandr.torop@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9428-4926;

Е. А. Тороп², доктор биологических наук, директор центра биотехнологических исследований, helenatorop@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2526-1480

¹ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В. В. Докучаева», 397463, Воронежская обл., Таловский р-он, пос. 2-го участка Института им. Докучаева, д. 81, кв. 5; e-mail: niisch1c@yandex.ru,

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», 391087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1; e-mail: helenatorop@yandex.ru

В работе указано основное направление селекции озимой ржи в учреждении. Описаны основные этапы этого процесса. Сообщается, что сокращение длины стебля на первом этапе за счет использования источников короткостебельности позволило увеличить уровень урожайности у созданных в результате этого сортов на 17,2, а уровень устойчивости к полеганию – на 32,0 %. Чтобы компенсировать существенное сокращение площади ассимиляционной поверхности, обусловленное уменьшением длины стебля – основного ассимилирующего органа у ржи, и повысить роль листьев в этом процессе, были созданы сорта с высокой устойчивостью к группе болезней, в том числе и листовых. Для повышения урожайности и ее стабильности в дальнейшем были созданы и использованы крупнолистные формы с эректоидной ориентацией. В итоге потенциал урожайности сортов достиг 9 и более т/га. Созданный в результате продолжительной и целенаправленной селекции сорт последнего срока Таловская 45 по данным государственного испытания характеризуется как высокопродуктивный, зимостойкий, устойчивый к полеганию и засухе. Он рекомендован для возделывания в трех регионах: Центрально-Черноземном, Центральном и Средневолжском. Урожайность на сортоиспытательных участках в этих регионах в годы испытания составила в среднем соответственно 5,25, 4,50 и 4,52 т/га, а максимальная – 8,92 т/га. Превышения нового сорта над сортами-стандартами достигали 0,5 и более тонны с гектара. Приведена морфо-биологическая характеристика нового сорта. Цель исследований – показать эффективность дальнейшего совершенствования архитектуры растения в повышении урожайности озимой ржи, изложить историю создания и привести описание нового сорта.

Ключевые слова: озимая рожь, селекция, новый сорт, происхождение и характеристика сорта.

Для цитирования: Чайкин В. В., Тороп А. А., Тороп Е. А. Создание и характеристика сорта озимой ржи Таловская 45 // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 29–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-29-33.



DEVELOPMENT AND CHARACTERISTICS OF THE WINTER RYE VARIETY 'TALOVSKAYA 45'

V. V. Chaikin¹, Doctor of Agricultural Sciences, head, Vladimir65chaikin@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-2447-9944;

A. A. Torop¹, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory for winter rye breeding, alexandr.torop@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9428-4926;

E. A. Torop², Doctor of Biological Sciences, head of the Biotechnical Research Center, helenatorop@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2526-1480

¹FSBSI Voronezh Federal Agricultural Research Center named after V. V. Dokuchaev, 397463, Voronezh region, Talovsky district, vil. of 2-go uchastka Instituta Dokuchaeva, 81/5; e-mail: niisch1c@yandex.ru;

²FSBEI HE Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great, 391087, Voronezh, Michurin Str., 1; e-mail: helenatorop@yandex.ru

There has been shown a main direction of winter rye breeding in the institution. There have been described the main stages of this process. There has been reported that the reduction in the length of the stem at the first stage due to the use of sources of short stems made it possible to increase the productivity level of the developed varieties on 17.2 %, and lodging resistance on 32.0 %. In order to compensate for the significant reduction of the assimilation surface area due to a stem length decrease as a main assimilating organ in rye, and to increase the role of leaves in this process, there have been developed the varieties with high resistance to a group of diseases, including leaf ones. In order to increase productivity and its stability, there were subsequently developed and used the large-leafy forms with an erectoid orientation. As a result, a productivity potential of the varieties reached 9 or more tons per hectare. The late-term variety 'Talovskaya 45' developed as a result of long-term and purposeful breeding, has been characterized as highly productive, winter tolerant, resistant to lodging and drought. The variety has been recommended for cultivation in three regions, namely Central Blackearth, Central and Middle Volga. The productivity on variety testing plots in these regions during the years of trials averaged 5.25 t/ha, 4.50 t/ha and 4.52 t/ha, respectively, and the maximum yield was 8.92 t/ha. The excess of the new variety over the standard varieties reached 0.5 or more tons

per hectare. There has been given a morpho-biological characteristics of the new variety. The purpose of the current study was to show the efficiency of further improvement of the plant architectonics in improving winter rye productivity, to tell the history of development and provide a description of the new variety.

Keywords: winter rye, breeding, new variety, origin and characteristics of the variety.

Введение. Современная биология располагает большим набором методов, использование которых способствует более успешной селекции растений (Жужжалова и др., 2020). В селекции ржи большие перспективы в этом плане связывают с расшифровкой ее генома (Rabaus-Walace et al., 2021). В настоящее время в практической селекции озимой ржи используют, как правило, классические методы отбора. Основной задачей является повышение урожайности при сохранении, а при возможности – и повышение уровня адаптивности к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам среды. В настоящее время для этого применяют гетерозис гибридов первого поколения, созданных с использованием цитоплазматической мужской стерильности. Столетний опыт показал высокую эффективность этого направления селекции. Однако его сложность и дороговизна заставляют искать пути, столь же эффективные, но значительно более простые и дешевые. Таковым, как показали результаты практической селекции, является изменение архитектоники растения, позволяющее формировать высокопродуктивные ценозы. Эффективность данного направления подтверждена широко известными работами Борлауга по использованию короткостебельности в селекции пшеницы. В отечественной селекции это подтверждено работами академика П.П. Лукьяненко, его учеников и последователей (Беспалова, 2015). Ярким подтверждением эффективности этого направления в селекции являются также результаты отечественных селекционеров, работающих с горохом (Зеленов и Зеленов, 2022). Благодаря подобным работам эта культура из экстенсивной и низкоурожайной превратилась в урожайную и высокотехнологичную.

Как сельскохозяйственная культура рожь сравнительно молода. К тому же произошла она из дикой сорнополевой ржи, произраставшей в аридных условиях Малой и Средней Азии, Ирана, Афганистана, Индии и Аравии. Рожь длительное время считалась сорняком в посевах других зерновых культур. Поэтому степень окультуренности, определяемая размером как самого растения, так и его органов, у нее низкая и далеко не завершена и сейчас, тем более при культивировании в аридных зонах, где повышение облиственности вновь выводимых сортов является одной из важных задач селекции. Ее решение позволит формировать в посевах оптимальный по размерам ассимиляционный аппарат с индексом листовой поверхности порядка 4–5 м²/м² при оптимальной высоте и достаточной величине других органов.

Несовершенство архитектоники растения в свое время послужило одной из причин существенного сокращения посевных площадей

ржи. Длинный стебель был причиной полегания ее посевов, что затрудняло уборку урожая и приводило к существенным его потерям. Такие сорта было нецелесообразно размещать на повышенных агрофонах, так как заложенные в сорте потенциальные возможности в этих условиях оставались нереализованными.

Стремление повысить устойчивость ржи к полеганию за счет укорочения стебля долгое время не имело особых успехов. Значительные перспективы появились в нашей стране только при использовании в селекции источников короткостебельности (коллекционный образец ВИР к-10028 и мутант ЕМ-1), обнаруженных профессором В.Д. Кобылянским. Эти образцы являлись носителями доминантного гена-супрессора высоты *H1* (*Ddw 1*). С их использованием был создан новый тип ржаного растения, существенно отличающийся от возделываемых ранее (Тороп и др., 2019). В настоящее время сорта этого морфотипа составляют основу сортов, включенных в Госреестр.

Цель исследований – показать эффективность дальнейшего совершенствования архитектоники растения в повышении урожайности озимой ржи, привести историю создания и дать описание нового сорта.

Материалы и методы исследований.

Оригинальный по архитектонике исходный материал создавали предложенным нами методом группового отбора из местного селекционного материала, адаптированного к условиям региона (Чайкин и др., 2013). Размножали полученные формы под большими бязевыми изоляторами или на пространственных изолированных участках, в зависимости от количества получаемых при отборе семян. Основной метод работы в селекционных питомниках – семейно-групповой отбор с двукратным использованием за цикл резервов семян отобранных семей. Предварительное испытание проводили на делянках площадью 5 м² в 6-кратном повторении с частым (через два номера) расположением стандарта, а конкурсное – на 25 м² в 6-кратном повторении. Опыты закладывали в Южном селекционном севообороте по черному пару. Почва севооборота – обыкновенный чернозем суглинистого и легкосуглинистого механического состава. Гидротермический коэффициент близок к 1. Площадь листьев определяли способом Лавриненко и др. (1981). Условия во время изучения исходного материала, формирования и изучения сорта были типичными для Центрально-Черноземного региона. Учеты, наблюдения проводили в соответствии с методикой, принятой при государственном сортоиспытании. Первичные данные урожайности сортов в конкурсном испытании обрабатывали дисперсионным анализом, а данные по площади листьев – вариационным. Достоверность разностей между стандартом

и изучавшимися сортами в последнем случае оценивали с помощью критерия достоверности разности Стьюдента (t) – отношения выборочной разности к ее ошибке.

Результаты и их обсуждение. Включение в селекционный процесс источников короткостебельности позволило нам получить ценный исходный селекционный материал, а на его основе – сорт Таловская 12 с большей на 1,21 балла (37 %), чем у сорта-стандарта традиционного морфотипа, устойчивостью к полеганию, и на 17,2 % более урожайный (Чайкин и др., 2021). Потенциал урожайности этого сорта равнялся 7,5 т/га и существенно не отличался от возделываемых сортов. Только в результате довольно жесткого отбора с использованием большого селекционного дифференциала удалось значительно увеличить потенциал урожайности у создаваемых сортов. У нового сорта Таловская 15 он превысил 8 т/га.

Дальнейшее повышение урожайности было связано с рядом трудностей, обусловленных биологией ржаного растения. Важной особенностью является присущий ему стеблевой тип фотосинтеза. По мере укорочения в результате селекции длины стебля возрастает роль листьев в процессе фотосинтеза (Тороп и др., 2021).

Для повышения эффективности работы листьев на первом этапе нами был создан исходный материал, а также сорта Таловская 29 и Таловская 33 с групповой устойчивостью к болезням, в том числе и к листовым (мучнистой росе и бурой ржавчине), рекомендованные для возделывания в производстве. В дальнейшем разработанным в лаборатории способом отбора были сформированы популяции, различающиеся по величине, форме и ориентации листьев, а также длине и мощности стебля. Всего было изучено 29 вариантов архитектуры ржаного растения. После тщательного и разностороннего изучения этого материала были выделены наиболее ценные. Среди них внимания заслуживали короткостебельные формы, формы с эректоидной ориентацией листьев и особенно крупнолистные (Тороп и др., 2020).

Но преимущества крупнолистных форм наиболее полно проявляются в регионах, где менее вероятны отрицательные действия высоких температур и засухи. В условиях же ЦЧР засухи довольно часты. Если в борьбе с осенней засухой главную роль должна играть технология возделывания, в борьбе же с июньско-июльской решающую роль должны взять на себя селекционеры.

В засушливых условиях заслуживают внимания формы с эректоидной ориентацией листьев. Любые изменения архитектуры ценоза оказывают существенное влияние на его микроклимат и в конечном итоге сказываются на его продуктивности (Rahman Sayedur et al., 2018). Формы же с эректоидной ориентацией листьев имеют целый ряд ценных признаков и свойств. У них, в частности, не проявляется или проявляется незначительно полуденная депрессия в ходе фотосинтеза. По терминологии академика Е. Ф. Вотчала, который придавал особое значение состоянию растений в жаркие дни и в жаркие часы дня, то есть в условиях, способствующих проявлению симптомов расстройства физиологических функций, в основе которого лежат нарушение водного баланса и повышение температуры листа, они являются «засухоурожайными». Кроме этого, при эректоидной ориентации листьев свет лучше проникает внутрь посева и лучше освещает листья нижних ярусов. Такие посевы обладают большей интенсивностью фотосинтеза, у них больше возможностей фотосинтезировать в утренние и вечерние часы, что позволяет им формировать больший урожай.

Три созданные нами ранее популяции: прочностебельная Популяция 52, Популяция 56 с эректоидной ориентацией листьев и короткостебельная Популяция 57 послужили исходным материалом для создания сорта Таловская 41, рекомендованного по результатам государственного испытания для возделывания в 5 регионах страны. На основании короткостебельной Популяция 57 был создан сорт Таловская 44, рекомендованный для возделывания в Средневолжском регионе. Он отличается высокой устойчивостью к полеганию и, как и Таловская 41, высоким (9,4 т/га) потенциалом урожайности.

Исследования, проведенные нами на модельных растениях, показали, что наибольшего внимания заслуживают крупнолистные эректоиды. Продуктивность таких растений существенно выше, чем эректоидов и крупнолистных в отдельности. Именно из относительно короткостебельной популяции с крупными листьями эректоидной ориентации семейно-групповым отбором был создан сорт Таловская 45.

По данным конкурсного испытания новый сорт заметно превосходит стандарт (Таловская 33), который до последнего времени был основным сортом озимой ржи, возделываемым в Центрально-Черноземном регионе, а также другие сорта более ранней селекции (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность сортов озимой ржи, т/га (КСИ, 2016–2022 гг.)
Table 1. Productivity of the winter rye varieties, t/ha (CVT, 2016–2022)

Название	Год							Средняя	Отклонение от стандарта
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
Таловская 33, стандарт	3,84	5,39	6,10	4,92	4,30	4,38	4,01	4,70	–
Таловская 41	4,33	5,87	6,24	4,90	4,84	4,50	4,35	5,00	0,30
Таловская 44	4,74	5,88	5,86	4,66	5,07	4,34	4,30	4,98	0,28
Таловская 45	4,47	6,12	6,85	4,86	4,82	4,28	4,81	5,17	0,47
НСР ₀₅	0,38	0,48	0,52	0,42	0,53	0,50	0,40	–	–

Особенностью сорта Таловская 45, как и других сортов последних сроков нашей селекции, изучавшихся в конкурсном испытании, является большая площадь листьев на побеге.

Особенно этим выделяются созданные нами путем отбора новые формы: отбор из Таловской 44, Морфотип 5-2, Морфотип 7, Морфотип 14 (табл. 2).

Таблица 2. Площадь листьев на побеге (КСИ, 2022 г.)
Table 2. Leaf area per a shoot (CVT, 2022)

Название сорта	Площадь листьев, см ²	Отклонение от стандарта, %
Таловская 33 – стандарт	62,8 ± 2,6	–
Таловская 41	89,3 ± 2,2***	42,2
Таловская 44	83,7 ± 4,0***	33,3
Таловская 44-1	74,8 ± 4,0*	12,4
Таловская 44, отбор	93,8 ± 3,7***	49,4
Таловская 45	82,4 ± 3,8***	31,2
Популяция короткостебельных	86,8 ± 3,0***	38,2
Морфотип 2	86,7 ± 4,3***	38,0
Морфотип 5-2	97,2 ± 5,1***	54,8
Морфотип 7	102,2 ± 3,8***	62,7
Морфотип 14	104,6 ± 5,2***	66,6
Популяция короткостебельных эректоидов	68,2 ± 2,6	8,6
Популяция 4/19	76,8 ± 3,9**	12,2
Саратовская 7	83,8 ± 4,3***	33,4
Популяция 7/19	89,2 ± 5,1***	42,0

Примечание. Уровни надежности безошибочных прогнозов: * – 95,0 %, ** – 99,0 %, *** – 99,9 %.

Ниже приведены описание и характеристика сорта Таловская 45 по данным государственного испытания. Сорт относится к виду *Secale cereale* L., разновидности *vulgare* Korn. Получен индивидуально-семейным отбором крупнолистных форм из популяции эректоидных карликов. Включен в Госреестр и рекомендован для возделывания в Центральном, Центрально-Черноземном и Средневолжском регионах (Московской, Воронежской, Пензенской областях, Республиках Мордовия и Татарстан). Диплоидная форма. Растение среднерослое. Куст промежуточный. Колеоптиле окрашен. Опушение стебля под колосом среднее. Восковой налет на колосе средний сильный, на влагалище флагового листа – средний. Лист, следующий за флаговым, средней длины. Колос полупоникший, средней длины, средней плотности или плотный. Окраска алейронового слоя зерновки темная. Зерно средней крупности. Масса 1000 зерен – 28–37 г. Средняя урожайность в Центральном регионе – 4,50 т/га, в Центрально-Черноземном – 5,25 т/га, в Средневолжском – 4,52 т/га. Во Владимирской области прибавка к среднему стандарту составила 0,61 т/га, в Смоленской к стандарту Таловская 41 – 0,51 т/га, в Республике Мордовия к стандарту Памяти Кунакбаева – 1,00 т/га, в Пензенской области к стандарту Таловская 41 – 0,27 т/га, в Республике Татарстан к стандарту Тантана – 0,29 т/га, в Московской и Воронежской областях – на уровне стандартов Татьяна и Таловская 41 при урожай-

ности 4,06, 5,54, 5,04, 4,43, 5,32, 4,56 и 5,92 т/га соответственно. Максимальная урожайность (8,92 т/га) получена в Белгородской области в 2020 году. Среднеспелый. Вегетационный период – 263–324 дня. Созревает в сроки, близкие к стандартам Московская 12, Татьяна, Таловская 41. Зимостойкость высокая, на уровне сортов Памяти Кунакбаева, Марусенька. Высота растений – 116–142 см. Устойчив к полеганию и засухе. Хлебопекарные качества удовлетворительные. Характеризуется высоким числом падения – до 269–308 с. По содержанию белка в зерне (до 12,0 %) – на уровне стандарта Таловская 41. По данным испытания на провокационном фоне умеренно устойчив к бурой ржавчине.

Выводы. Сорт озимой ржи Таловская 45 является результатом продолжительной целенаправленной селекции на повышение урожайности за счет изменения архитектоники растения. Он отличается от сорта более ранней селекции Таловская 33 не только большей урожайностью, но и более крупными листьями эректоидной ориентации. Обладает высоким потенциалом урожайности. В государственном испытании он достигал 8,92 т/га. При этом сорт проявил высокую устойчивость к полеганию, засухе и неблагоприятным условиям зимовки. Формирует зерно с высокими значениями «числа падения». Благодаря указанным особенностям данный сорт рекомендован для возделывания в Центрально-Черноземном, Центральном и Средневолжском регионах.

Библиографические ссылки

- Беспалова Л. А. Развитие генофонда как главный фактор третьей зеленой революции в селекции пшеницы // Вестник РАН. 2015. Т. 85, № 1. С. 9–11. DOI: 10.7868/S086958731501003X.
- Жужалова Т. П., Колесникова Е. О., Васильченко Е. Н., Черкасова Н. Н. Методы биотехнологии как потенциал развития селекции сахарной свеклы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24, № 1. С. 40–47. DOI: 10.18699/V.120.593 vate.com.
- Зеленов А. Н., Зеленов А. А. Сто лет орловской селекции гороха. Итоги и перспективы // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 2 (42). С. 41–59. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-41-59.

4. Лавриненко Ю.А., Жужа А.Д., Орлюк А.П. Ускоренный способ определения площади поверхности листьев // Селекция и семеноводство. 1981. № 10. С. 10–12.
5. Тороп А.А., Чайкин В.В., Тороп Е.А., Браилова И.С., Кузьменко С.А. Особенности продукционного процесса стародавнего и современного сортов озимой ржи // Вестник сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 15–19. DOI: 10.30850/vrsn/2019/6/15-19.
6. Тороп А.А., Чайкин В.В., Тороп Е.А. Практическое использование в селекции озимой ржи способов, позволяющих сочетать в сорте высокую урожайность и адаптивность к условиям среды // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 3. С. 32–34. DOI: 10/24411/0235-2451-2020-10306.
7. Тороп А.А., Чайкин В.В., Тороп Е.А. Селекция озимой ржи на урожайность и адаптивность в НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева // Актуальные проблемы селекции, семеноводства и сохранения плодородия почв: юбилейный сб. научн. тр. Воронежский ГАУ, 2021. С. 24–28.
8. Чайкин В.В., Тороп Е.А., Тороп А.А., Филатова И.А. Способ отбора перекрестноопыляющихся растений с ограниченной способностью к самоопылению // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2013. № 2. С. 27–31.
9. Чайкин В.В., Тороп А.А., Тороп Е.А. Изменение архитектуры растения как направление в селекции озимой ржи // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3. С. 24–33. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-23-33.
10. Rabanus-Walace T.M., Hakauf B., Mascher M. et al. Chromosome scale genome assembly provides insights in to rye biology, evolution and agronomic potential // Nature genetics. 2021. Vol. 53, № 4. P. 564–573. DOI: 10/1038/s41588-021-00807-0.
11. Rahman S., Duursma R.A., Mukhtadir Md. A., Roberts T.H., Roberts B. J. Leaf canopy architecture determines light interception and carbon gain in wild and domesticated *Oryza* species // Environmental and experimental botany. 2018. Vol. 155. P. 672–680. DOI: au/asa/1998/5/137 soetedj o. htm.

References

1. Bespalova L.A. Razvitiye genofonda kak glavnyi faktor tret'ei zelenoi revolyutsii v selektsii pshenitsy [Development of the gene pool as the main factor of the third green revolution in wheat breeding] // Vestnik RAN. 2015. T. 85, № 1. S. 9–11. DOI: 10.7868/S086958731501003X.
2. Zhuzhzhaylova T.P., Kolesnikova E.O., Vasil'chenko E. N., Cherkasova N.N. Metody biotekhnologii kak potentsial razvitiya selektsii sakharnoi svekly [Biotechnological methods as a tool for efficient sugar beet] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2020. T. 24, № 1. S. 40–47. DOI: 10.18699/V.120.593vate.com.
3. Zelenov A.N., Zelenov A.A. Sto let orlovskoi selektsii gorokha. Itogi i per-spektivy [100-year anniversary of Oryol pea breeding. Results and prospects] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2022. № 2 (42). S. 41–59. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-41-59.
4. Lavrinenko Yu.A., Zhuzha A.D., Orlyuk A.P. Uskorennyi sposob opredeleniya ploshchadi poverkhnosti list'ev [An accelerated method for determining the surface area of leaves] // Seleksiya i seменовodstvo. 1981. № 10. S. 10–12.
5. Тороп А.А., Чайкин В.В., Тороп Е.А., Браилова И.С., Кузьменко С.А. Особенности продукционного процесса стародавнего и современного сортов озимой ржи [Features of the production process of ancient and modern winter rye varieties] // Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. № 6. S. 15–19. DOI: 10.30850/vrsn/2019/6/15-19.
6. Тороп А.А., Чайкин В.В., Тороп Е.А. Prakticheskoe ispol'zovanie v selektsii ozimoi rzhi sposobov, pozvolyayushchikh sochetat' v sorte vysokuyu urozhainost' i adaptivnost' k usloviyam sredy [Practical use of methods that allow combining high productivity and adaptability to environmental conditions in a variety for winter rye breeding] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. № 3. S. 32–34. DOI: 10/24411/0235-2451-2020-10306.
7. Тороп А.А., Чайкин В.В., Тороп Е.А. Seleksiya ozimoi rzhi na urozhainost' i adaptivnost' v NIISKH TsChP im. V.V. Dokuchaeva [Winter rye breeding for productivity and adaptability in the FSBSI Federal Agricultural Research Center named after V.V. Dokuchaev] // Aktual'nye problemy selektsii, se-menovodstva i sokhraneniya plodorodniya pochv: yubileinyi sb. nauchn. tr. Voronezhskii GAU, 2021. S. 24–28.
8. Чайкин В.В., Тороп Е.А., Тороп А.А., Филатова И.А. Sposob otbora perekrest-noopylyayushchikhsya rastenii s ogranichennoi sposobnost'yu k samoopyleniyu [Method for selecting cross-pollinating plants with limited ability to self-pollination] // Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2013. № 2. S. 27–31.
9. Чайкин В.В., Тороп А.А., Тороп Е.А. Izmenenie arkhitektoniki rasteniya kak napravlenie v selektsii ozimoi rzhi [Change of plant architectonics as a direction in winter rye breeding] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 3. S. 24–33. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-23-33.
10. Rabanus-Walace T.M., Hakauf B., Mascher M. et al. Chromosome scale genome as-sembly provides insights in to rye biology, evolution and agronomic potential // Nature genetics. 2021. Vol. 53, № 4. P. 564–573. DOI: 10/1038/s41588-021-00807-0.
11. Rahman S., Duursma R.A., Mukhtadir Md.A., Roberts T.H., Roberts B. J. Leaf canopy architecture determines light interception and carbon gain in wild and domesticated *Oryza* species // Environmental and experimental botany. 2018. Vol. 155, P. 672–680. DOI: au/asa/1998/5/137 soetedj o. htm.

Поступила: 31.08.22; доработана после рецензирования: 05.12.22; принята к публикации: 05.12.22.

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. Тороп Е.А. – концептуализация исследований; Чайкин В.В., Тороп А.А. – подготовка и выполнение полевых опытов и сбор данных; Чайкин В.В., Тороп А.А., Тороп Е.А. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Э. С. Дорошенко, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, doroshenko.eduard.91@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;

Е. Г. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя, filipov.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: doroshenko.eduard.91@mail.ru

Главной задачей на ближайшую перспективу является выделение лучших образцов из коллекции для создания сортов озимого ячменя, отвечающих современным требованиям отечественных сельхозпроизводителей.

Цель исследований – выявить влияние в различные по погодным условиям годы элементов структуры и других признаков на урожайность коллекционных образцов озимого ячменя и выделить наиболее адаптированные для использования в селекционном процессе.

В работе представлены результаты изучения коллекционных образцов озимого ячменя. Исследования проводили в отделе селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» (2018–2021 гг.). По результатам изучения данного материала выделены новые источники для использования в селекционных программах по увеличению значений отдельных признаков:

- низкостебельность: Perkins (США), Novosadski 331 (Югославия);
- устойчивость к полеганию: Хоббит (Швейцария), Купец (Болгария), Академичный (Украина), Густ (Беларусь), 18513 EN11 (Франция), Explorer 2, Explorer 3, Explorer 4, Explorer 6, Explorer 8, Wintwalt, Tiffani (Германия), Perkins (США), Novosadski 331 (Югославия) Posaune, Sombrero, Karisma (Англия), Duet (Германия);
- количество продуктивных стеблей на единицу площади: Explorer 8, Explorer 4/2, Wintwalt (Германия), Baraka (Франция), Posaune (Англия);
- озерненность колоса: Артель (Россия), Caprice, Azurel, Rurdue (Франция), HWV1427 (Германия);
- масса 1000 зерен: Рандеву, Премьер (Россия), Nectaria, Vanessa (Франция), Explorer 3 (Германия);
- масса зерна с колоса: Рандеву, Паллидум 1916 (Россия), Oribi, Безостый (Франция), Explorer 2, KWS-Scala (Германия), Хоббит (Швейцария);
- скороспелость: Параллелум 1963, Секрет, Безостый 1953, Безостый 1954 (Россия), Фермер (Украина);
- высокая продуктивность: Ростовский 55, Гранд, Артель (Россия), KWS-Hiskory, Explorer 8 (Германия), Esterel (Франция).

По комплексу хозяйственно ценных признаков (4 и более признаков) выделились 15 сортов: Рандеву, Параллелум 1960 (Россия), KWS-Scala, KWS-2-117, KWS-2-234, Explorer 4, Explorer 3/2 (Германия), Baraka, Rebelle, 6577 CH, 18513 EN11 (Франция), Cello, Fenesse (США), Novosadski 321 (Югославия), Posaune (Англия).

Ключевые слова: озимый ячмень, селекция, масса 1000 зерен, устойчивость, раннеспелость, количество зерен в колосе.

Для цитирования: Дорошенко Э. С., Филиппов Е. Г. Сравнительный анализ коллекционных образцов озимого ячменя в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 34–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-34-39.



COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COLLECTION WINTER BARLEY SAMPLES IN THE ROSTOV REGION

E. S. Doroshenko, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for barley breeding and seed production, doroshenko.eduard.91@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;

E. G. Filippov, Candidate of Agricultural Sciences, docent, head of the department of barley breeding and seed production, filipov.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: doroshenko.eduard.91@mail.ru

The main task for the near future is to identify the best samples from the collection to develop the winter barley varieties that meet the modern requirements of domestic agricultural producers. The purpose of the study was to identify the effect of the yield structural elements and other traits on the productivity of collection winter barley varieties and to identify the most adapted for use in the breeding process. The current paper has presented the study results of collection winter barley samples. The study was carried out in the department of barley breeding and seed production of the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy” (2018–2021). Based on the study results of this material, there were identified new sources for use in breeding programs to increase the values of individual traits:

- low stem: ‘Perkins’ (USA), ‘Novosadski 331’ (Yugoslavia);
- resistance to lodging: ‘Hobbit’ (Switzerland), ‘Merchant’ (Bulgaria), ‘Akademicheskyy’ (Ukraine), ‘Gust’ (Belarus), ‘18513 EN11’ (France), ‘Explorer 2’, ‘Explorer 3’, ‘Explorer 4’, ‘Explorer 6’, ‘Explorer 8’, ‘Wintwalt’, ‘Tiffani’ (Germany), ‘Perkins’ (USA), ‘Novosadski 331’ (Yugoslavia), ‘Posaune’, ‘Sombrero’, ‘Karisma’ (England), ‘Duet’ (Germany);

- number of productive stems per area unit: 'Explorer 8', 'Explorer 4/2', 'Wintwalt' (Germany), 'Baraka' (France), 'Posaune' (England);
- grain content per head: 'Artel' (Russia), 'Caprice', 'Azurel', 'Rurdue' (France), 'HWV1427' (Germany);
- 1000-grain weight: 'Randevu', 'Premier' (Russia), 'Nectaria', 'Vanessa' (France), 'Explorer 3' (Germany);
- grain weight per head: 'Randevu', 'Pallidum 1916' (Russia), 'Oribi', 'Bezosty' (France), 'Explorer 2', 'KWS-Scala' (Germany), 'Hobbit' (Switzerland);
- fast-maturity: 'Parallelum 1963', 'Sekret', 'Bezosty 1953', 'Bezosty 1954' (Russia), 'Fermer' (Ukraine);
- high productivity: 'Rostovsky 55', 'Grand', 'Artel' (Russia), 'KWS-Hiskory', 'Explorer 8' (Germany), 'Esterel' (France).

According to the complex of economically valuable traits (4 or more traits), there were identified 15 varieties: 'Randevu', 'Parallelum 1960' (Russia), 'KWS-Scala', 'KWS-2-117', 'KWS-2-234', 'Explorer 4', 'Explorer 3/2' (Germany), 'Baraka', 'Rebelle', '6577 CH', '18513 EH11' (France), 'Cello', 'Fenesse' (USA), 'Novosadski 321' (Yugoslavia), 'Posaune' (England).

Keywords: winter barley, breeding, 1000-grain weight, stability, early maturity, number of grains per head.

Введение. Одним из важнейших качеств озимого ячменя является его скороспелость, так как в равных условиях он созревает на 6–8 дней ранее озимой пшеницы и на 10–15 дней – ярового ячменя. Это позволяет ему избегать вредного воздействия сушевых явлений, особенно в период налива зерна, что является весьма насущным в связи с усилившейся аридностью климата в последние десятилетия. Результаты анализа климатических условий в Северокавказском регионе РФ указывают на усиление не только засушливости климата, но и связанных с ним перепадов температур, в том числе «возвратных холодов» весной, неравномерное распределение осадков и т. д. (Грабовец и др., 2019). В острозасушливые годы озимый ячмень способен формировать урожайность в 2–3 раза выше, чем яровой, не уступая озимой пшенице (Dontsova et al., 2018).

Цель исследований – выявить влияние в различные по погодным условиям годы элементов структуры и других признаков на урожайность коллекционных образцов озимого ячменя и выделить наиболее адаптированные для использования в селекционном процессе.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в отделе селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград) в 2018–2021 годах.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный (предкавказский, карбонатный) глинистый малогумусный. Структура почвы зернисто-комковатая. Предшественник – горох. Коллекционный питомник ячменя высевали сеялкой Wintersteiger Plotseed. Учетная площадь 10 м². Норма высева – 450 шт. всхожих семян на 1 м². Посев без повторений, стандарт сорт Тимофей высевался через 20 номеров. Закладку опыта, учеты и наблюдения осуществляли согласно методике полевого опыта (2014), государственного сортоиспытания (2019) и методическим указаниям по изучению мировой коллекции ячменя и овса (2012).

Погодно-климатические условия за годы исследований.

2018–2019 годы. Осень в целом + 3,3 °С к среднемноголетним показателям, осадки отмечены только в третьей декаде октября. В зиму растения ячменя ушли в фазе «всходы – кущение». В зимний период критических отрицательных температур не отмечено, поэтому даже на ослабленных растениях гибели не наблюдалось. Весна характеризовалась равномерным температурным режимом, а осадки выпадали неравномерно. Летом в период налива (июнь) произошло усиление засушливости.

2019–2020 годы. Осень характеризовалась повышенным температурным режимом и достаточным увлажнением почвы, растения озимого ячменя ушли в зиму в фазе «полное кущение». Весной были отмечены возвратные холода, что привело частичной гибели посевов. Большое количество продуктивных осадков, особенно в период налива зерна, благоприятно сказалось на урожайности.

2020–2021 годы. Осенью наблюдалась сильная засуха. В зиму растения ячменя ушли в фазе «проростки – шильце». В зимний период гибель растений не наблюдалась. Возобновление весенней вегетации отмечено с запозданием только в третьей декаде марта. Обилие осадков и повышенный температурный режим положительно повлияли на дальнейшие фазы развития. Налив зерна проходил в оптимальных условиях.

В целом такие климатические условия за годы исследований позволили оценить коллекционный материал по урожайности и ее составляющим.

Результаты и их обсуждение. В среднем за годы исследования (2018–2021 гг.) в коллекционном питомнике озимого ячменя изучались 109 образцов зарубежной и отечественной селекции. Сорта российской селекции составляли 33 %, в том числе 21 % создан в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (рис. 1).

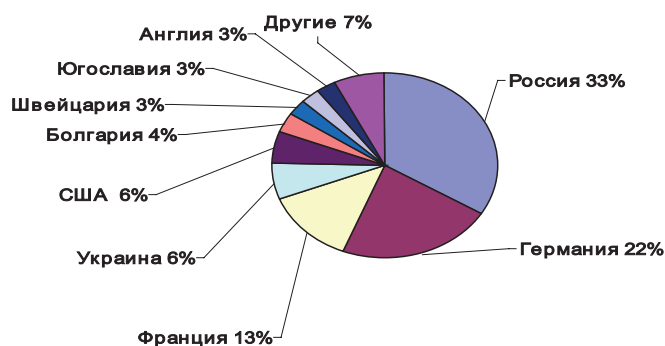


Рис. 1. Происхождение образцов, изучаемых в коллекционном питомнике (2019–2021 гг.)

Fig. 1. Origin of the samples being studied in the collection nursery (2019–2021)

Длительность вегетационного периода зависит от генетической природы сорта и условий вегетации. Для получения стабильных и высоких урожаев важное значение имеют сорта, наиболее адаптированные по продолжительности вегетационного периода к местным условиям (Косолапов и др., 2021). В период исследований колошение у изучаемых образцов продолжалось с 5 мая (Парал-

лелум 1963 (Россия)) по 20 мая (Explorer 8 (Германия)).

По скороспелости выделены сорта Параллелум 1963, Секрет, Безостый 1953, Безостый 1954 (Россия), Фермер (Украина), у которых колошение наступает на 8–11 дней раньше, чем у стандарта (табл. 1). Данные сорта переведены в рабочую коллекцию как источники раннеспелости.

Таблица 1. Сорта озимого ячменя, выделенные по признаку «дата колошения» (2019–2021 гг.)
Table 1. Winter barley varieties, identified on the trait 'date of a heading stage' (2019–2021)

Название сорта	Происхождение	Дата колошения	± к st
Тимофей, ст.	Россия	16.05	–
Параллелум 1963	Россия	5.05	–11
Секрет	Россия	7.05	–9
Безостый 1953	Россия	8.05	–8
Безостый 1954	Россия	8.05	–8
Фермер	Украина	7.05	–9

Полегание посевов может вызывать значительное снижение урожайности и качества зерна ячменя (Юсова и др., 2021). Интенсивный рост растений во влажные годы приводит к их полеганию в период налива зерна. В засушливые годы рост задерживается, поэтому растения не могут сформировать оптимальную ассимиляционную поверхность, что в свою очередь вызывает недобор урожая. Высота растений тесно связана с устойчивостью к полеганию (Шуплецова и др., 2019; Семенова и др., 2021).

По признаку «высота растений» изучаемые сорта были разделены на группы: низкорослые (61–80 см) – 2 %, среднерослые (81–95 см) – 12 %, средневысокие (96–110 см) – 56 %, высокорослые (111–125 см) – 31 %, очень высокие (126–140 см) – 2 %. В группе низкорослых отмечены 2 образца: это Perkins (США) и Novosadski 331 (Югославия), они рекомендованы для использования в скрещиваниях как источники короткостебельности.

В среднем за годы исследования устойчивость к полеганию у образцов озимого ячменя варьировала от 3 до 5 баллов (по 5-балльной шкале). Высокую устойчивость (5 баллов) проявили 27 % изучаемых образцов. Лучшие показатели по данному признаку имели образцы: Хоббит (Швейцария), Купец (Болгария), Академичный (Украина), Густ (Беларусь),

Explorer 2, Duet, Explorer 4, Explorer 8, Tiffani (Германия), Perkins (США), Novosadski 331 (Югославия), Karisma (Англия) и др.

Основными составляющими урожая являются компоненты структуры – это количество продуктивных стеблей на 1 м², озерненность колоса, масса 1000 зерен, масса зерна с колоса (Nogueira et al., 2018). За годы исследований количество продуктивных стеблей на 1 м² находилось в пределах от 378 (Мироновский 93 (Украина)) до 1066 (Wintwalt (Германия)) шт/м². Очень большой показатель по данному признаку (более 900 шт/м²) имели сорта Explorer 8, Explorer 4/2, Wintwalt (Германия), Baraka (Франция), Posaune (Англия) (табл. 2).

Урожайность ячменя также зависит от количества полноценных зерен, которые сформировались в колосе. Число зерен в колосе будет тем больше, чем больше в нем колосков. Их бывает много, если в период их закладки в фазу кущения растение было достаточно обеспечено питанием, влагой, теплом, светом, кислородом (Шуплецова и др., 2019). Количество зерен в колосе у образцов варьировало от 55 шт. у сорта Уши (Германия) до 65 шт. у сорта Caprice и Rurdue (Франция). Очень высокие значения признака «количество зерен в колосе» (более 60 шт.) сформировало 50 % сортов, наиболее озерненные из них представлены в таблице 3.

Таблица 2. Сорты озимого ячменя, выделившиеся по признаку «количество продуктивных стеблей» (2019–2021 гг.)
Table 2. Winter barley varieties, identified on the trait 'number of productive stems' (2019–2021)

Название сорта	Происхождение	Количество продуктивных стеблей, шт./1 м ²
Тимофей, ст.	Россия	562
Explorer 8	Германия	1060
Explorer 4/2	Германия	982
Wintwalt	Германия	1066
Baraka	Франция	904
Posaune	Англия	948

Таблица 3. Сорты озимого ячменя, выделившиеся по признаку «количество зерен в колосе» (2019–2021 гг.)
Table 3. Winter barley varieties, identified on the trait 'number of grains per head' (2019–2021)

Название сорта	Происхождение	Количество зерен в колосе, шт.
Тимофей, ст.	Россия	61
Артель	Россия	64
Caprice	Франция	65
Azurel	Франция	64
Rurdue	Франция	65
HWV1427	Германия	64

Крупности зерна, важному агрономическому признаку, в селекционных и генетических исследованиях уделяется большое внимание (Dontsova et al., 2018). Масса 1000 зерен образцов коллекционного питомника в сред-

нем за годы исследований находилась в пределах 31,3 г (Perkins (США)) – 62,3 г (Vanessa (Франция)). Достоверную прибавку к стандарту по массе 1000 зерен сформировали 27 сортов, лучшие из них представлены в таблице 4.

Таблица 4. Сорты озимого ячменя, выделившиеся по признаку «масса 1000 зерен» (2019–2021 гг.)
Table 4. Winter barley varieties, identified on the trait '1000-grain weight' (2019–2021)

Название сорта	Происхождение	Масса 1000 зерен, г
Тимофей, ст.	Россия	41,5
Рандеву	Россия	59,5
Премьер	Россия	59,3
Нутанс 1895	Россия	55,3
Explorer 3	Германия	55,5
Explorer 4/2	Германия	54,8
Vanessa	Франция	62,3
Nectaria	Франция	58,8
StDev		5,5

По результатам корреляционного анализа между массой 1000 зерен и количеством зерен в колосе была выявлена сильная отрицательная связь ($r = -0,77 \pm 0,15$). Максимальная масса 1000 зерен была получена у сортов, которые сформировали количество зерен в колосе от 55 до 57 шт. Между массой 1000 зерен и массой зерна с колоса была получена сильная отрицательная корреляционная зависимость ($r = -0,72 \pm 0,18$). Максимальная масса 1000 зерен была получена у сортов, которые сформировали массу зерна с колоса от 0,8 до 1,4 г.

В качестве источников крупнозерности можно выделить сорта, которые сформировали массу 1000 зерен более 55 г, это Рандеву, Премьер (Россия), Nectaria, Vanessa (Франция), Explorer 3 (Германия).

В среднем за годы исследований масса зерна с колоса у сортов озимого ячменя варьировала от 1,6 г у сорта Perkins (США) до 3,5 г у сорта Хоббит (Швейцария). По признаку «масса зерна с колоса» лучшие показатели отмечены у сортов Рандеву (3,1 г), Паллидум 1916 (3,2 г) (Россия), Oribi (3,1 г), Безостый (3,2 г) (Франция), Explorer 2 (3,2 г), KWS-Scala (3,1 г) (Германия), Хоббит (3,5 г) (Швейцария).

По результатам корреляционного анализа между массой зерна с колоса и количеством зерен выявлена сильная положительная связь ($r = 0,92 \pm 0,05$). Максимальная масса зерна с колоса была получена у сортов, которые имели в колосе от 63 до 65 шт. зерен.

Сбор зерна с единицы площади – основной критерий значимости сорта в конкретных условиях (Потапова и др., 2019). В среднем за годы

исследований урожайность сортов озимого ячменя варьировала от 6,4 т/га у сорта Carisma (Англия) до 11,4 т/га у сорта Ростовский 55 (Россия).

Также между массой зерна с колоса и количеством продуктивных стеблей была получена сильная отрицательная корреляционная зависимость ($r = -0,72 \pm 0,12$).

В среднем за годы изучения только сорт местной селекции Ростовский 55 достоверно превысил по урожайности стандарт. В среднем за годы изучения только сорт местной селекции Ростовский 55 достоверно превысил по урожайности стандарт. По комплексу хозяйственно ценных признаков выделились коллекционные образцы озимого ячменя, представленные в таблице 5.

Таблица 5. Хозяйственно-биологическая характеристика коллекционных сортов озимого ячменя, выделившихся по комплексу ценных признаков (2019–2021 гг.)

Table 5. Economic and biological characteristics of the collection winter barley varieties, identified according to a complex of valuable traits (2019–2021)

Название сорта	Происхождение	Дата колошения		Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность, т/га		Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с колоса, г	Количество продуктивных стеблей на 1 м ²
		сорт	± к St			Всего	± к St			
Тимофей, ст.	Россия	16.05	–	115,6	4	10,6	–	41,5	2,5	562
Рандеву	Россия	10.05	–6	114,5	4	8,0	–2,6	59,5	3,0	544
Параллелум 1960	Россия	13.05	–3	110	4	10,8	+0,2	41,5	2,7	550
KWS-Scala	Германия	10.05	–6	101	5	10,1	–0,5	46,3	3,1	648
KWS-2-117	Германия	10.05	–6	88,6	5	10,0	–0,6	53,8	1,1	858
KWS-2-234	Германия	10.05	–6	90,6	5	10,0	–0,6	51,3	1,3	837
Explorer 4	Германия	13.05	–3	98,2	5	9,9	–0,7	51,8	1,0	740
Explorer 3/2	Германия	10.05	–6	86	5	10,2	–0,4	52,8	1,3	762
Baraka	Франция	12.05	–4	83,5	4	8,8	–1,8	51,3	1,1	904
Rebelle	Франция	11.05	–5	101,8	4	8,8	–1,8	40,3	2,6	472
6577 CH	Франция	14.05	–2	111,7	5	9,2	–1,4	54,0	1,4	726
18513 EH11	Франция	10.05	–6	109,6	3	9,6	–1	54,8	1,2	686
Cello	США	12.05	–4	104,3	5	9,3	–1,3	49,3	1,3	731
Fenese	США	10.05	–6	97,8	5	9,7	–0,9	48,3	1,2	882
Novosadski 321	Югославия	17.05	1	100,2	5	9,6	–1	48,3	2,6	722
Posaune	Англия	09.05	–7	98,2	4	10,0	–0,6	50,5	1,1	948
StdDev							0,6	5,5		

Выводы

По результатам проведенного анализа выделено пять образцов колошение у которых наступило на 8–11 дней раньше, чем у стандартного среднеспелого сорта Тимофей. Также отмечены образцы с большим количеством зерен в колосе (более 60 шт) и высокой массой зерен в колосе (свыше 3 г). В качестве источников крупнозерности отобрано семь образцов с высокой массой 1000 зерен (более 55 г).

Источниками низкостебельности были выделены два образца. Высокое количество (более 900 шт/м²) продуктивных стеблей на 1 м² сформировали пять образцов. 15 коллекционных образцов характеризуются комплексом признаков: низкорослость, раннеспелость, крупнозерность, продуктивность.

Все выделенные образцы можно использовать как ценный исходный материал в практической селекции озимого ячменя.

Библиографические ссылки

1. Грабовец А. И., Кадушкина В. П., Коваленко С. А. Совершенствование методологии селекции яровой твердой пшеницы в условиях меняющегося климата // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 33–36. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.
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. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва: ООО «Группа Компаний Море», 2019. Вып. 1. 384 с.
5. Потапова Г. Н., Галимов К. А., Зобнина Н. Л. Влияние изменения климата осенью и зимой на возделывание озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 6. С. 18–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10604.
6. Семенова А. Г., Анисимова А. В., Ковалева О. Н. Устойчивость к вредным организмам современных сортов ячменя // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182 (4). С. 108–116. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116.

7. Шуплецова О.Н., Щенникова И.Н. Генетические источники селекции ячменя (*hordeum vulgare*) в Волго-Вятском регионе // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (1). С. 82–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-82-88.
8. Юсова О.А., Николаев П.Н., Кузьмич М.А., Кузьмич Л.С. Новые перспективные источники ячменя пивоваренного направления // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 3. С. 16–21. DOI: 10.31857/S2500262721030042.
9. Dontsova A.A., Alabushev A.V., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2018. № 78. P. 317–323. DOI: 10.31742/IJGPB.78.3.4.
10. Nogueira M.S., Decundo J., Martinez M., Dieguez S.N., Moreno M.V., et al. Contamination with Mycotoxins Produced by *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* in Malting Barley in Argentina // Toxins. 2018. Vol. 10, № 2. P. 78. DOI: 10.3390/toxins10020078.

References

1. Grabovets A.I., Kadushkina V.P., Kovalenko S.A. Sovershenstvovanie metodologii selektsii yarovoi tverdoi pshenitsy v usloviyakh menyayushchegosya klimata [Improving the breeding methodology for spring durum wheat under a changing climate] // Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. № 3. S. 33–36. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36.
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Razvitiye sovremennoi selektsii i semenovodstva kormovykh kul'tur v Rossii [Development of modern breeding and seed production of feed crops in Russia] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. T. 25, № 4. 2021. S. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044.
4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methods of the State Variety Testing of agricultural crops]. Moskva: OOO «Gruppa Kompanii More», 2019. Vyp. 1. 384 s.
5. Potapova G.N., Galimov K.A., Zobnina N.L. Vliyanie izmeneniya klimata osen'yu i zimoi na vozdeleyvanie ozimoi rzhii [Impact of climate change in autumn and winter on winter cultivation] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 6. S. 18–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10604.
6. Semenova A.G., Anisimova A.V., Kovaleva O.N. Ustoichivost' k vrednym organizmam sovremennykh sortov yachmenya [Pest resistance of modern barley varieties] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2021. № 182 (4). S. 108–116. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116.
7. Shupletsova O.N., Shchennikova I.N. Geneticheskie istochniki selektsii yachmenya (*hordeum vulgare*) v Volgo-Vyatskom regione [Genetic sources of barley (*hordeum vulgare*) breeding in the Volga-Vyatka region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2019. № 180 (1). S. 82–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-82-88.
8. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Kuz'mich M.A., Kuz'mich L.S. Novye perspektivnye istochniki yachmenya pivovarennogo napravleniya [New promising sources of brewing barley] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2021. № 3. S. 16–21. DOI: 10.31857/S2500262721030042.
9. Dontsova A.A., Alabushev A.V., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2018. № 78. R. 317–323. DOI: 10.31742/IJGPB.78.3.4.
10. Nogueira M.S., Decundo J., Martinez M., Dieguez S.N., Moreno M.V., et al. Contamination with Mycotoxins Produced by *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* in Malting Barley in Argentina // Toxins. 2018. Vol. 10, № 2. P. 78. DOI: 10.3390/toxins10020078.

Поступила: 20.10.22; доработана после рецензирования: 21.11.22; принята к публикации: 21.11.22.

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: Дорошенко Э.С. – выполнение полевых опытов, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Филиппов Е.Г. – анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ КУНЖУТА В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. П. Збраилова, научный сотрудник, zbrailovalyudmila@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0002-6201-2408;

Т. Н. Лучкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
Luchkina.tanya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6531-392X;

Е. А. Крат-Кравченко, аналитик, krat-krawchenko.elena@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7478-1717
*Донская опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский
институт масличных культур имени В. С. Пустовойта»,
346754, Ростовская обл., Азовский р-он, п. Опорный, ул. Жданова, 2; e-mail: gnudos@mail.ru*

С 2018 по 2020 гг. на Донской опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК изучалась коллекция сортообразцов кунжута различного эколого-географического происхождения. Исследования проводили в рамках Государственного задания № 0684-2019-0013 «Создание нового исходного материала и получение сортов и гибридов масличных культур: подсолнечника, горчицы, льна». Сохранение генофонда основных масличных культур. Целью исследований явилось изучение морфобиологических признаков образцов кунжута различного эколого-географического происхождения, изучение особенностей роста и развития светло- и темносемянных групп, выявление образцов с положительными хозяйственно ценными признаками. Цвет семян кунжута связан с их биохимическими функциями, участвующими в белковом и масляном обмене, а также с содержанием антиоксидантов (Cui et al., 2021). Изучая коллекционные образцы по комплексу признаков, необходимо выделить наиболее перспективные (Башлакова и Синцова, 2021). Они должны обладать высокой продуктивностью, устойчивостью к неблагоприятным условиям региона возделывания. Необходимо обратить внимание на длину вегетационного периода, форму, расположение и растрескиваемость коробочек (Калицкая и др., 2021). В статье приведены результаты исследований сортообразцов кунжута коллекции ВИР. Дана сравнительная характеристика светло- и темносемянных групп. Описаны различия по основным хозяйственно ценным признакам, фенологическим фазам, жирно-кислотному составу. Определен диапазон варьирования между группами – периода вегетации, жирно-кислотному составу и другим хозяйственно ценным признакам. Фенологические наблюдения показали, что размах варьирования по вегетационному периоду и высоте растений в группе с темными семенами шире, чем у светлосемянных образцов. Урожайность в светлосемянной группе составила 0,56–0,62 т/га, что на 0,13–0,24 т/га выше образцов с темными семенами с урожайностью 0,32–0,49 т/га. Размах варьирования внутри групп составил 0,16 т/га у светло- и 0,17 т/га у темносемянных образцов. Масличность в светлосемянной группе также выше образцов с темными семенами на 0,8–1,2 %, размах варьирования внутри светлосемянной группы составил 2,9 % и 2,5 % у образцов с темными семенами. Масса 1000 семян находилась практически на одном уровне между группами и составила 2,9–3,0 г у светлосемянных образцов и 2,9–3,1 г у темносемянных.

Ключевые слова: кунжут, коллекция, масличность семян, урожайность, цветение, варьирование признаков.

Для цитирования: Збраилова Л. П., Лучкина Т. Н., Крат-Кравченко Е. А. Изучение коллекционных образцов кунжута в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 40–46. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-40-46.



STUDY OF THE COLLECTION SESAME SAMPLES IN THE ROSTOV REGION

L. P. Zbrailova, researcher, zbrailovalyudmila@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6201-2408;

T. N. Luchkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, Luchkina.tanya@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0001-6531-392X;

E. A. Krat-Kravchenko, analyst, krat-krawchenko.elena@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7478-1717
*Don Experimental Station, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
“Federal Research Center “All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoi”,
346754, Rostov region, Azov district, v. of Oporny, Zhdanov Str., 2; e-mail: gnudos@mail.ru*

From 2018 to 2020, there was studied a collection of sesame varieties of various ecological and geographical origin at the Don Experimental Station, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center VNIIMK. The research was carried out within the framework of State assignment No. 0684-2019-0013 ‘Development of new source material and identifying varieties and hybrids of oilseeds: sunflower, mustard, flax. Preservation of the gene pool of the main oilseeds’. The purpose of the current research was to study the morphobiological characteristics of sesame samples of various ecological and geographical origin, to study the growth and development of light- and dark-seeded groups, to identify samples with positive economically valuable traits. The color of sesame seeds is associated with their biochemical functions involved in protein and oil metabolism, as well as with the content of antioxidants (Chengqi et al., 2021). Studying collection samples by a set of traits, it is necessary to identify the most promising ones (Bashlakova, Sintsova, 2021). They must have high productivity, resistance to unfavorable conditions of the cultivation region. It is necessary to pay attention to a length of a vegetation period, a shape, location and capsules’ cracking. (Kalitskaya, Sinegovskaya et al., 2021). The current paper has presented the study results of sesame varieties from the VIR collection. There has been presented a comparative characteristic of light- and dark-seeded

groups. There have been described the differences in the main economically valuable traits, phenological phases, and fatty acid composition. There has been established a range of variation between groups with different vegetation periods, fatty acid composition and other economically valuable traits. Phenological observations have shown that the range of variation in a vegetation period and plant height in the dark-seeded group was wider than in light-seeded samples. Productivity of the light-seeded group was 0.56–0.62 t/ha, which was 0.13–0.24 t/ha higher than the dark-seeded samples with 0.32–0.49 t/ha. The range of variation within the groups was 0.16 t/ha for light-seeded and 0.17 t/ha for dark-seeded samples. The oil content in the light-seeded group is also higher than the samples with dark seeds on 0.8–1.2 %, the variation range within the light-seeded group was 2.9 % and 2.5 % within the dark-seeded group. 1000-seed weight was practically at the same level between the groups and amounted to 2.9–3.0 g for light-seeded samples and 2.9–3.1 g for dark-seeded samples.

Keywords: sesame, collection, oil content of seeds, productivity, flowering, variation of traits.

Введение. Растительный мир представлен большим разнообразием культур, масла которых уникальны по составу и свойствам. Одно из лидирующих мест по содержанию этого продукта в семенах (до 63 %) занимает кунжут. Кунжут относится к роду *Sesamum* L., который, по последним данным, включает около 38 видов. Его родиной многие считают Южную Африку, другие Южную Азию, в частности Индию, где произрастает большое разнообразие форм кунжута, но, несмотря на это, единственный распространенный культурный вид – *Sesamum indicum* L. в диком виде встречается только в Африке (Кишлян и др., 2021). На своей родине кунжут мог расти на любых почвах и занимал большие площади. Местные сорта считались непревзойденными. Мобилизация генетических ресурсов растений в коллекцию ВИР с территории Южной и Юго-Восточной Азии пришлось на конец 70-х – 80-е гг. XX века (Лоскутова и Озерская, 2021).

Кунжутное масло и семена считаются важным источником продуктов питания человека. При холодном прессовании масло из светлых семян имеет высокое содержание витаминов В, Е, С, К, РР, магния, железа, йода, цинка, минералов, жирных кислот и отличные вкусовые качества. В странах Востока в пищу употребляют не только семена и масло, для приготовления различных салатов используют молодые листья и ветви кунжута. Широко применяется кунжут в медицине и парфюмерии для приготовления мазей, эмульсий, инъекционных растворов, ароматических масел. При горячем прессовании получают техническое масло, используемое в производстве косметики. Масло из черных семян имеет более сильный аромат и яркий вкус, что имеет важное значение при производстве приправ.

Светлые семена применяют в кулинарии и выпечке. Семена черной группы, помимо повышенного содержания антиоксидантов, характеризуются более насыщенным ароматом. Однако вне зависимости от окраски семена кунжута обладают сходными характеристиками и одинаково полезны для организма человека. В составе белых семян содержится до 64 % масла, 22 % белков, 17 % углеводов, витамины группы А, Е, В, С, РР, магний, кальций, железо, фосфор, цинк, жирные кислоты, в малой дозе никотиновая кислота. Масло, полученное холодным прессованием, по вкусу не уступает оливковому (йодное число 103–112). Состав семян черного кунжута также характеризу-

ется высоким содержанием липидов, белка (19,4 %), и минеральных веществ (4,3 %), богат витаминами групп А и В. Белосемянные сорта уступают темnoseмянным по количеству антиоксидантов, но оба вида богаты сезамином, сезамолоном, а также фитостеролами, способствующими производству коллагена и гиалуроновой кислоты (Кишлян и др., 2021, Mei et al., 2017). Целью исследований явилось изучение морфобиологических признаков образцов кунжута различного эколого-географического происхождения, изучение особенностей роста и развития светло- и темnoseмянных групп, выявление образцов с положительными хозяйственными ценными признаками.

Материалы и методы исследований.

В течение трех лет (2018–2020 гг.) изучалось 60 сортообразцов кунжута различного эколого-географического происхождения: из России – 7 образцов, Узбекистана – 16, Таджикистана – 4, Туркменистана – 4, Кении – 7, Ирана – 5, Венесуэлы – 2, Индии – 10, Украины – 1, Китая – 4.

Для изучения коллекции питомники светло- и темnoseмянных сортообразцов высевались отдельно на 5-рядковых делянках с шириной междурядий 0,7 м, длиной 2 м, в 2-кратной повторности с учетной площадью 4,2 м² (3 ряда). Норма посева: 35–40 шт./м², глубина заделки семян – 2–3 см. Оценку условий естественного увлажнения проводили исходя из значений гидротермического коэффициента (ГТК) по формуле Г.Т. Селянинова.

Масличность семян определена с использованием ЯМР анализатора АМВ-1006 М. Жирнокислотный состав определяли в лаборатории биохимии ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК на газовом хроматографе «Хроматек-Кристалл 5000» с автоматическим дозатором ДАЖ-2М на капиллярной колонке SolGelWax 30 м x 0,25 мм x 0,5 мкм в токе газа-носителя гелия со скоростью 22 см/с, с программированием температуры в пределах 178–230 °С. Анализ выполнен в соответствии с ГОСТ Р 51486-99 и ГОСТ Р 51483-99. Исследования, биометрические измерения, учеты и статистическую оценку экспериментальных данных осуществляли по методике полевого опыта.

Проявление особо значимых признаков во многом зависит от места произрастания и условиях их выращивания (Минакова и др., 2014).

Кунжут известен не только высоким содержанием масла и антиоксидантными свойствами

ми, но и своей устойчивостью к изменению климата (Berhe et al., 2021).

Территория Донской опытной станции находится в зоне недостаточного увлажнения Ростовской области. Погодные условия в годы исследований характеризовались недостаточным увлажнением почвы, высокими дневными температурами в летний период, о чем свидетельствует низкий гидротермический коэффициент (0,36–0,59) периода вегетации кунжута, сумма положительных температур (3284–3411 °C), количество выпавших осадков за период роста и развития культуры составило 504,2–595,8 мм.

Погодные условия 2018 г. были неблагоприятными для роста и развития растений. Резкое нарастание средних температур до 25 °C в начале апреля иссушили поверхностный слой почвы. Осадки, выпавшие в мае (25,7 мм), позволили провести посев в третьей декаде мая. Запасы влаги были минимальными. Небольшие осадки, выпавшие в июне (3,5 мм), в сочетании с высокими температурами (20,7–29,5 °C) отрицательно сказались на прорастании семян. За вегетационный период кунжута (июнь–сентябрь) выпало 137,7 мм осадков. Осадки были

неравномерными и носили ливневый характер. Гидротермический коэффициент составил 0,59. Вегетационный период находился в пределах 132–135 суток.

В 2019 г. благоприятные условия для посева кунжута были в третьей декаде мая. Осадки, выпавшие в мае (51,0 мм), позволили провести посев во влажную почву. В летние месяцы температура в дневные часы достигала 39–41 °C в тени, относительная влажность составила 33–36 %. Отсутствие достаточного количества влаги в сочетании с высокими температурами отрицательно сказались на росте и развитии растений. Всего за вегетационный период кунжута (июнь–сентябрь) выпало 111,4 мм осадков. ГТК за этот период составил 0,36.

Погодные условия 2020 г. были благоприятными для посева кунжута. Осадки в мае (71,1 мм) способствовали успешной закладке опытов, в июне (34,3 мм) помогли дружному появлению всходов. Всего за время вегетации растений кунжута выпало 229,1 мм, ГТК составил 0,59. В таблице 1 представлены данные гидротермического коэффициента и влияние его на проявление фенологических фаз образцов кунжута.

Таблица 1. Влияние ГТК на вегетационный период образцов кунжута
Table 1. Effect of HTC on a vegetation period of sesame samples

Год	ГТК периода вегетации	Основные фенологические фазы			Вегетационный период, сутки	Сумма положительных температур периода вегетации
		Всходы, сутки	Начало цветения, сутки	Созревание, сутки		
2018	0,59	23.05–29.05	12.07–15.07	05.10–08.10	132–135	3284
2019	0,36	03.06–06.06	13.07–17.07	21.09–28.09	110–114	3289
2020	0,59	23.05–25.05	29.06–05.07	14.09–21.09	114–119	3411

Контрастные условия в годы исследований позволили оценить влияние погодных условий на формирование урожайности, масличности, массы 1000 семян коллекционных образцов кунжута.

В течение трех лет посев коллекции кунжута проводили в конце мая – начале июня. За годы исследования вегетационный период составил от 112 до 138 суток. Отмечено, что в 2019 г. развитие растений проходило в условиях сильной засухи (ГТК = 0,36). Дефицит осадков привел к сокращению вегетационного периода кунжута и снижению его продуктивности.

Результаты и их обсуждение. Форма ветвления является одним из важных компонентов строения растений, играющая важную роль в агротехнике выращивания кунжута (Mei et al., 2017).

В результате исследования отмечены коллекционные образцы, отличающиеся формой и окраской стебля. Цвет стебля преимущественно зеленый (K-1298, K-1748) или желтый (K-395, K-899), реже антоциановый (K-5), прямой 4- (K-1298, K-395) или 8-гранный (K-1516), высотой до 1,5 м. У большинства образцов K-1024, K-870, K-1516 стебель ветвистый (рис. 1). Листья, крепящиеся к основанию стебля, имеют длинный черешок, который уменьшается по распо-

ложению его вверх. Нижние листья цельные или рассеченные, ближе к верху приобретают ланцетовидную форму. На рисунке 2 показаны формы листа кунжута по их расположению на растении.



Рис. 1. Растения кунжута
Fig. 1. Sesame plants



Рис. 2. Формы листовой пластинки растений кунжута
Fig. 2. Leaf blade shapes of sesame plants

Изучение цветения сортообразцов коллекции на Донской станции показало, что образцы с темными семенами не имеют так называемого «тигрового язычка» внутри цветка: К-5, К-64, К-77, К-1516. Цветок таких образцов чисто белый или имеет бледно-розовую дорожку. Цветки растений белосемянных форм обладают крапчатостью язычка – К-1748, К-899, К-395 (рис. 3, 4).

Из наблюдений отмечено, что образование в пазухе листа одного цветка и впоследствии одной коробочки свойственно ветвистым формам кунжута – К-1024, К-870. У маловетвистых форм преобладает развитие в пазухе трех цветков.

Плод кунжута – удлиненная (до 3,5 см) трех-, четырех- или восьмигранная коробочка с круглым основанием и конической верхушкой. Размер, форма коробочек и количество плодолистиков также различно. Отмечено, что в потомстве сорта Солнечный встречаются от четырех- до 8-гнездных коробочек на одном растении, то есть в пределах одного растения наблюдаются признаки различных подвидов кунжута.



Рис. 3. Цветки темnoseмянных образцов
Fig. 3. Flowers of dark-seeded samples

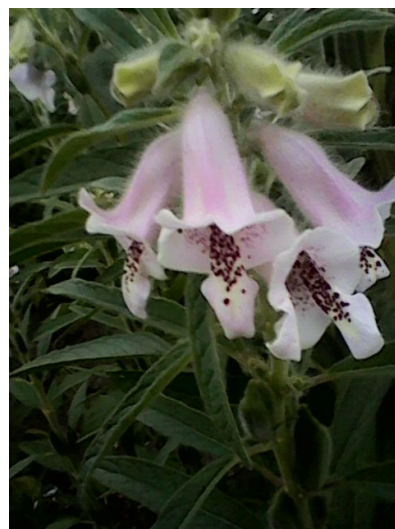


Рис. 4. Цветки белосемянных образцов
Fig. 4. Flowers of white-seeded samples

Разнообразие форм, размеров, степени опушенности и количества гнезд коробочек, а также их расположение на растении представлены на рисунке 5.

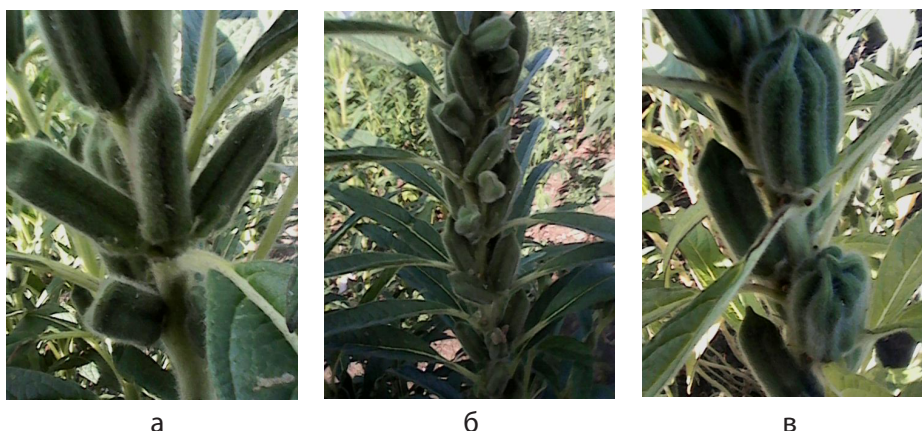


Рис. 5. Разнообразие форм и расположение коробочек на растениях кунжута:
а – 4-, б – 6-, в – 8-гнездные коробочки

Fig. 5. Variety of shapes and placement of sesame capsules:
а – 4-, б – 6-, в – 8-celled capsules

Изучение коллекции кунжута в условиях недостаточного увлажнения показало отличие по особо значимым признакам как внутри групп, так и между ними.

В таблице 2 представлены сортообразцы обеих групп с лучшими показателями хозяйственно ценных признаков. Отмечен размах вариации особо значимых признаков в светло- и темнотемной группах.

Таблица 2. Образцы кунжута с лучшими показателями хозяйственно ценных признаков светло- и темнотемных групп
Table 2. Sesame samples with the best economically valuable traits of white- and dark-seeded groups

Сорт	Вегетационный период, сутки	Высота растений, см	Урожайность семян		Масличность семян		Масса 1000 семян, г
			т/га	V, %	%	V, %	
Светлосемянная группа							
К-1748 Солнечный, Россия	116	115	0,62	29,3	63,2	2,0	3,0
К-899 Кубанец 55, Россия	114	103	0,56	30,1	60,7	2,1	2,9
К-395, Россия	115	107	0,54	30,6	60,3	1,8	2,9
К-1550 Донской белосемянный, Россия	116	112	0,53	25,9	61,9	1,1	2,9
К-1298 Юбилейный, Россия	116	112	0,46	15,3	60,8	1,5	3,0
Темносемянная группа							
К-5, Узбекистан	112	125	0,49	15,2	62,0	1,7	3,0
К-64, Узбекистан	138	100	0,32	24,8	61,3	1,1	3,1
К-77, Узбекистан	131	110	0,36	15,9	60,0	2,1	3,1
К-1516, Венесуэла	128	107	0,36	16,2	59,5	2,0	2,9
НСР _{0,5}	—	—	0,09	—	0,34	—	—

В условиях недостаточного увлажнения Ростовской области период всходы –цветение составляет 35–50 суток (К-1748, К-64). Цветение, время перехода от вегетативного к репродуктивному росту – одно из наиболее важных событий в жизненном цикле кунжута. Культура является растением короткого дня, и ее цветение в значительной степени зависит от фотопериода (Zhou et al., 2018). Вегетационный период внутри групп у образцов со светлыми семенами составил 114–116 суток: К-1748, К-899, К-395, К-1298; и 112–138 суток у темнотемных сортов: К-5, К-64, что на 24 суток больше светлосемянной группы. Раннеспелым (112 суток) в группе с темными семенами отмечен сортообразец К-5, более поздними (131–138 суток) – К-64, К-77. Высота растений у светлосемянной группы варьировала в пределах 103–115 см, темнотемная группа более высокорослая – 100–125 см. По вегетационному периоду и высоте растений варьирование в группе с темными семенами шире, чем у светлосемянных образцов.

Урожайность светлосемянной группы составила 0,56–0,62 т/га, темнотемная имела урожайность 0,32–0,49 т/га. Масличность в группе со светлыми семенами составила 60,3–63,2 %, у темнотемной группы она была 59,5–62,0 %. По урожайности диапазон варьирования между группами составил 0,13–0,24 т/га, по масличности – 0,8–1,2 %. Коэффициент вариации у выделенных образцов по урожайности составил 15,2–30,6 %, по масличности – 1,1–2,1 %. Масса 1000 семян находилась в пределах 2,9–3,1 г.

Высокое содержание масла в семенах кунжута представляет интерес при оценке его жирнокислотного состава. Количество, качество и жирнокислотный состав масла во многом зависят от генотипа, условий и региона выращивания кунжута (Кишлян и др., 2021). С высокой урожайностью по годам (V = 30,1–30,6 %) выделены образцы К-899, К-395, по масличности – К-899, К-77 (V = 2,1 %).

Анализ жирнокислотного состава изученных 60 образцов в условиях Донской опытной станции представлен в таблице 3.

Таблица 3. Размах варьирования основных жирных кислот масла семян кунжута в зависимости от окраски

Table 3. Range of variation of the main fatty acids of sesame seed oil depending on color

Жирные кислоты, %	Группа			
	Светлосемянные	Темнотемные	max	min
Пальмитиновая	7,18–9,04	7,75–9,04		
Средняя	8,11	8,39	9,04	7,18
R	1,86	1,29		
Пальмитолеиновая	0,09–0,12	0,09–0,13		
Средняя	0,11	0,11	0,13	0,09
R	0,03	0,04		
Стеариновая	4,96–5,29	5,04–5,76		
Средняя	5,13	5,40	5,76	4,96
R	0,33	0,72		

Продолжение табл. 3

Жирные кислоты, %	Группа			
	Светлосемянные	Темносемянные	max	min
Олеиновая	41,61–44,57	40,64–44,41		
Средняя	43,09	42,52	44,57	40,64
R	2,96	3,77		
Линолевая	40,41–44,55	40,03–43,73		
Средняя	42,48	41,88	44,55	40,03
R	4,14	3,70		
Линоленовая	0,30–0,36	0,29–0,37		
Средняя	0,33	0,33	0,37	0,29
R	0,06	0,08		

Примечание. *R – размах вариации. $R = X_{\max} - X_{\min}$.

Минимальный размах варьирования между темно- и светлосемянной группами определен в пальмитолеиновой (0,03–0,04 %) и линоленовой (0,06–0,08 %) жирных кислотах, максимальный – в содержании пальмитиновой (1,29–1,86 %), стеариновой (0,33–0,72 %), олеиновой (2,96–3,77 %), линолевой (3,70–4,14 %). По остальным жирным кислотам существенной разницы не отмечено.

Высокое содержание олеиновой кислоты в масле светлосемянной группы выявлено у сортов К-1748 (42,35 %), К-395 (43,50 %); К-899 (44,57 %), в темносемянной группе – у образцов К-5 (44,41 %), К-77 (43,05 %).

В таблице 4 отмечены лучшие сортообразцы, имеющие высокие показатели содержания жирных кислот в группах.

Таблица 4. Содержание олеиновой и линолевой кислот в светло- и темносемянных группах
Table 4. Percentage of oleic and linoleic acids in white- and dark-seeded groups

Сортообразец	Кислота	
	Олеиновая, %	Линолевая, %
Светлосемянная группа		
К-1748 Солнечный, Россия	42,35	43,78
К-899 Кубанец 55, Россия	44,57	40,41
К-1298 Юбилейный, Россия	41,61	44,55
К-1550 Донской белосемянный, Россия	41,63	42,81
К-395, Россия	43,50	42,89
Темносемянная группа		
К-5, Узбекистан	44,41	43,73
К-64, Узбекистан	41,62	43,56
К-77, Узбекистан	43,05	43,47
К-1516, Венесуэла	40,64	40,03

Лучший показатель линолевой кислоты в белосемянной группе отмечен у сортообразцов К-395 (42,89 %), К-1748 (43,78 %), К-1298 (44,55 %). В темносемянной группе высокое содержание данной кислоты выявлено у образцов К-5 (43,73 %), К-64 (43,56 %), К-1516.

Выводы. На основании трехлетнего изучения изменчивости биохимических показателей у 60 образцов кунжута установлено снижение масличности семян в условиях засушливого 2019 г. и увеличение этого показателя в благоприятные 2018 и 2020 годы.

Коэффициент вариации у выделившихся образцов составил: по урожайности –

15,2–30,6 %, по масличности – 1,1–2,1 %. С высокой урожайностью по годам ($V = 30,1–30,6$ %) выделены образцы К-899, К-395, по масличности – К-899, К-77 ($V = 2,1$ %).

По комплексу признаков в светлосемянной группе выделен образец К-1748, в темносемянной – К-5.

По результатам изучения хозяйственно ценных признаков коллекционных образцов кунжута выделены лучшие сортообразцы в двух группах, которые авторы рекомендуют для дальнейшей селекционной работы.

Библиографические ссылки

1. Башлакова О. Н., Синцова Н. Ф. Сравнительная оценка гибридов картофеля в экологическом испытании // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 25–27. DOI: 10.30850/vrsn/2021/1/25-27.
2. Кишлян Н. В., Асфандиярова М. Ш., Якушева Т. В., Дубовская А. Г. Биологические особенности и возделывание кунжута (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182(4). С. 156–162. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-156-165.
3. Калицкая Н. Г., Синеговская В. Т., Кобозева Т. П. Оценка межвидовых и внутривидовых гибридов сои первого поколения // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 6. С. 4–5. DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/4-7.

4. Лоскутова Н.П., Озерская Т.М. Мобилизация генетических ресурсов растений с территории Южной и Юго-Восточной Азии // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182(1). С. 186–189. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-186-198.
5. Минакова А.Д., Щербаклова В.Г., Суруханова И.В., Лобанов В.Г. Влияние почвенно-климатических условий на биохимические особенности белкового комплекса семян кунжута // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 4(340). С. 24–27.
6. Berhe M., Dossa K., You J., Mboup P.A., Diallo I.N., Diouf D., Zhang X., Wang L. Genome-wide association study and its applications in the non-model crop *Sesamum indicum* // *Navy Plant Biology*. 2021. Vol. 21(1), P. 283. DOI: 10.1186/s12870-021-03046-x.
7. Mei H., Liu Y., Du Z., Wu K., Cui C., Jiang X., Zhang H., Zheng Y. Construction of a high-density genetic map and gene mapping of the shape of the basal branching and flowers in the leaf axil of sesame // *Plant Science*. 2017. Vol. 8, P. 636. DOI: 10.3389/fpls.2017.00636.
8. Cui C., Liu Y., Liu Y., Cui X., Song Z., Song Z., Du Z., Wu K., Jiang X., Mei H., Zheng Y. Genome-wide associative study of sesame seed peel coloration (*Sesamum indicum* L.) // *PLOS ONE*. 2021. Vol. 16(5), P. e0251526. DOI: 10.1371/journal.pone.0251526.
9. Zhou R., Liu P., Li D., Zhang S., Wei X. Photoperiod response-related gene *SiCOL1* contributes to flowering in sesame. *BMC Plant Biol.* 2018. Vol. 18(1), P. 343. DOI: 10.1186 / s12870-018-1583- zet.

References

1. Bashlakova O.N., Sintsova N.F. Sravnitel'naya otsenka gibridov kartofelya v ekologicheskom ispytanii [Comparative estimation of potato hybrids in an ecological trial] // *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2021. № 1. S. 25–27. DOI: 10.30850/vrsn/2021/1/25-27.
2. Kishlyan N.V., Asfandiyarova M.Sh., Yakusheva T.V., Dubovskaya A.G. Biologicheskie osobennosti i vozdel'yvanie kunzhuta (obzor) [Biological features and cultivation of sesame (review)] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2021. № 182(4). S. 156–162. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-156-165.
3. Kalitskaya N.G., Sinegovskaya V.T., Kobozeva T.P. Otsenka mezhvidovykh i vnutrividovykh gibridov soi pervogo pokoleniya [Estimation of interspecific and intraspecific soybean hybrids of the first generation] // *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2021. № 6. S. 4–5. DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/4-7.
4. Loskutova N.P., Ozerskaya T.M. Mobilizatsiya geneticheskikh resursov rastenii s territorii Yuzhnoi i Yugo-Vostochnoi Azii [Mobilization of plant genetic resources from South and Southeast Asia] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2021. № 182(1). S. 186–189. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-186-198>.
5. Minakova A.D., Shcherbakova V.G., Surukhanova I.V., Lobanov V.G. Vliyaniye pochvenno-klimaticheskikh uslovii na biokhimicheskie osobennosti belkovogo kompleksa semyan kunzhuta [The effect of soil and climatic conditions on the biochemical traits of the protein complex of sesame seeds] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya*. 2014. № 4(340). S. 24–27.
6. Berhe M., Dossa K., You J., Mboup P.A., Diallo I.N., Diouf D., Zhang X., Wang L. Genome-wide association study and its applications in the non-model crop *Sesamum indicum* // *Navy Plant Biology*. 2021. Vol. 21(1), P. 283. DOI: 10.1186/s12870-021-03046-x.
7. Mei H., Liu Y., Du Z., Wu K., Cui C., Jiang X., Zhang H., Zheng Y. Construction of a high-density genetic map and gene mapping of the shape of the basal branching and flowers in the leaf axil of sesame // *Plant Science*. 2017. Vol. 8, P. 636. DOI: 10.3389/fpls.2017.00636.
8. Cui C., Liu Y., Liu Y., Cui X., Song Z., Song Z., Du Z., Wu K., Jiang X., Mei H., Zheng Y. Genome-wide associative study of sesame seed peel coloration (*Sesamum indicum* L.) // *PLOS ONE*. 2021. Vol. 16(5), P. e0251526. DOI: 10.1371/journal.pone.0251526.
9. Zhou R., Liu P., Li D., Zhang S., Wei X. Photoperiod response-related gene *SiCOL1* contributes to flowering in sesame. *BMC Plant Biol.* 2018. Vol. 18(1), P. 343. DOI: 10.1186 / s12870-018-1583- zet.

Поступила: 03.11.22; доработана после рецензирования: 29.11.22; принята к публикации: 29.11.22.

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. Збраилова Л.П. – концептуализация исследования; Збраилова Л.П. – подготовка опытов; Збраилова Л.П. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Збраилова Л.П., Лучкина Т.Н., Крат-Кравченко Е.А. – анализ данных и их интерпретация; Збраилова Л.П., Лучкина Т.Н., Крат-Кравченко Е.А. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

АНАЛИЗ РАСЩЕПЛЕНИЯ ГИБРИДА РИСА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ БАХУС X КОНТАКТ

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

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В статье представлены результаты изучения гибридной популяции второго поколения комбинации Бахус х Контакт. Сорт Бахус крупнозерный, энергично растущий, высокорослый, неустойчивый к полеганию, Контакт – низкорослый, устойчивый к полеганию, зерновки средние. Цель исследований – анализ наследования ряда количественных признаков у гибрида риса F_2 Бахус х Контакт и отбор лучших растений для дальнейшего селекционного процесса. В процессе гибридологического анализа установлены закономерности наследования основных количественных признаков, влияющих на продуктивность, выделены лучшие низкорослые формы, у которых сформировались компактные прямостоячие метелки и крупные зерновки, отобран исходный материал для селекционной работы. Исследования проводили в 2019–2021 гг. на чеках ОП «Пролетарское» в Ростовской области. В 2019 г. выполнено скрещивание, в 2020 г. репродуцировано F_1 , в 2021 г. выращены растения риса F_2 . Установлено, что по высоте растений выявлено частичное доминирование меньших значений признака и аллельные различия родительских сортов по одной паре генов. По длине метелки доминирование отсутствовало, наблюдали дигенные различия исходных сортов. По признаку «количество колосков в метелке» выявлено доминирование больших величин и положительная трансгрессия. По длине колоска у гибридов F_2 наблюдалась широкая вариация признака в пределах изменчивости родительских сортов от 6,8 до 11,0 мм. Доминирование отсутствовало. Наблюдалось дигенное расщепление в соотношении 1: 4: 6: 4: 1. По массе 1000 зерен установлено моногибридное расщепление 3:1. Отобраны лучшие по морфотипу формы F_2 , которые отличались оптимальной высотой растений, длинными метелками, повышенной их озерненностью и массой 1000 семян.

Ключевые слова: рис, наследование, гены, количественные признаки, расщепление.

Для цитирования: Костылев П. И., Краснова Е. В. Анализ расщепления гибрида риса второго поколения Бахус х Контакт // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 47–53. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-47-53.



SPLITTING ANALYSIS OF THE SECOND-GENERATION RICE HYBRID 'BAKHUS X KONTAKT'

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

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

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current paper has presented the study results of the second-generation hybrid population of 'Bakhus x Kontakt' combination. The variety 'Bakhus' is large-kernelled, vigorously growing, tall, unresistant to lodging, the variety 'Kontakt' is short, resistant to lodging, medium-kernelled. The purpose of the study was to analyze the inheritance of a number of quantitative traits in the F_2 rice hybrid 'Bakhus x Kontakt' and select the best plants for the further breeding process. In the process of hybridological analysis, there have been established the patterns of inheritance of the main quantitative traits affecting productivity, there have been identified the best undersized forms, in which there were formed compact erect panicles and large kernels, and there has been selected the source material for breeding work. The study was carried out on the plots of OP "Proletarskoe" in the Rostov region in 2019–2021. The crossing was carried out in 2019, F_1 was reproduced in 2020, F_2 rice plants were grown in 2021. There has been found that according to 'plant height' there was a partial dominance of lower trait values and allelic differences in parental varieties for one pair of genes. There was no dominance according to 'panicle length'; there were found digenic differences in the initial varieties. According to the trait 'number of spikelets in a panicle', there was a dominance of large values and positive transgression. According to spikelet length in F_2 hybrids, there was a wide variation of the trait within the variability of parental varieties from 6.8 to 11.0 mm. there was no dominance. There was noted a digenic splitting in a ratio of 1:4:6:4:1. According to 1000-kernel weight, there has been identified a monohybrid splitting of 3:1. There were selected the best morphotype F_2 forms, which differed in optimal plant height, long panicles, their increased kernel percentage and 1000-kernel weight.

Keywords: rice, inheritance, genes, quantitative traits, splitting.

Введение. В селекционной работе с рисом, как и с другими культурами, при конструировании сорта нужно собрать воедино лучшие аллели

качественных и количественных признаков, а для этого нужно знать, как они наследуются и комбинируются. Урожайность зерна являет-

ся сложным количественным признаком, на который значительно влияют высота растений, длина метелок и зерновок, масса семян и их количество на метелках. Эти количественные признаки в основном наследуются полигенно.

Для практической селекции большое значение имеет понимание особенностей расщепления гибридов и закономерностей наследования хозяйственно ценных признаков у растений риса. Однако информации по данным вопросам пока еще недостаточно.

Высота растений играет большую роль, потому что связана с распределением листового аппарата и влияет на устойчивость к полеганию и индекс урожая. Этот признак имеет высокую изменчивость среди разнообразных сортов и контролируется несколькими локусами, укорачивающими или удлиняющими стебель. Рядом авторов было выявлено 10 генов высоты растений, расположенных в 1-й, 5-й, 6-й, 7-й и 11-й хромосомах (Lei et al., 2018).

От длины метелки риса существенно зависит количество семян, которые на ней формируются, а это влияет на урожайность зерна. Установлено, что размеры метелки определяются четырьмя локусами, находящимися в 4-й, 6-й и 9-й хромосомах (Liu et al. 2016).

Среди компонентов урожайности увеличение количества колосков и зерен на метелке в наибольшей степени способствовало повышению массы зерна с метелки у гибридов (Костылев и др., 2017).

На урожайность зерна риса также оказывают большое влияние масса 1000 зерен, которую контролируют 11 генов, и количество колосков на метелке, определяемое 6 генами (Yuan et al., 2019).

Создание энергично растущих, неполегающих сортов риса для условий Ростовской области является актуальным, поэтому нужна информация о наследовании признаков у гибридного потомства.

Цель исследований – анализ наследования ряда количественных признаков у гибрида риса F_2 Бахус $\times$ Контакт и отбор лучших растений для дальнейшего селекционного процесса.

Материалы и методы исследований.

Материалом для гибридологического анализа послужили 368 растений второго поколения гибрида Бахус $\times$ Контакт. Сорт Бахус получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции Дубовский 129 $\times$ Большевик. Он отличается очень высокой энергией начального роста. Сорт среднеспелый, высокорослый (110–120 см), склонен к полеганию. Метелка развесистая, поникающая, длиной 19–23 см, несет в среднем 160–180 колосков. Зерновка крупная, удлиненная (9–10 мм), масса 1000 зерен – 38–40 г. Технологические качества и кулинарные достоинства сорта высокие.

Сорт Контакт раннеспелый (105 дней), низкорослый (80–85 см), метелка прямостоячая (13–14 см), несет 120–130 колосков, зерновка овальная длиной 7–8 мм, масса 1000 зерен –

29–30 г. Средняя урожайность – 6,2 т/га, максимальная – до 8,0 т/га. Сорт отличается от Бахуса более ранним цветением, низкорослостью, короткой прямостоячей компактной метелкой и более мелким зерном.

Скрещивание выполнено в 2019 г., во второй год (2020) репродуцировано F_1 . Растения риса F_2 выращивали в 2021 г. на чеках ОП «Пролетарское» АНЦ «Донской» (Ростовская область). Почва темно-каштановая, малогумусная, тяжелосуглинистая. Количество гумуса не превышает 3,00 %, азота – 0,21 %, фосфора – 0,15 %, калия – 2,50 %. Родительские сорта и гибрид выращивали на делянках площадью 10 м². Полевые опыты проводили по методике Б.И. Доспехова (2012). Для гибридологического анализа использовали программу Полиген А (Мережко, 2005), для построения графиков – программу Statistica 8 и MS Excel.

Метеорологические условия в ходе онтогенеза растений риса были благоприятными. Погода характеризовалась пониженным количеством осадков – 302 мм (77 % нормы) и большой суммой биологически активных температур – 3121 °С. Среднемесячная температура в мае–августе была значительно выше нормы – на 1,1–4,7 °С, а в сентябре на 0,7 °С ниже. Весна и осень были дождливыми, летом осадков было меньше нормы.

Результаты и их обсуждение. У гибридов от скрещивания Бахуса с Контактom во втором поколении произошло расщепление по всем изученным признакам.

Высота растений исходных сортов отличалась на 33,7 см. Высота Контакта составила в среднем 79,4 см, Бахуса – 113,1 см, гибрида – 92,3 см. При этом высота гибридных растений варьировала в очень широком диапазоне – от 60 до 130 см (рис. 1). Коэффициент вариации (V) составил 13,8 %. Из рисунка видно, что кривая распределения частот (КРЧ) гибридных растений F_2 имела значительную положительную асимметрию ($As = 0,93$). Вершина КРЧ гибрида была смещена влево, ближе к таковой сорта Контакт. Наблюдалось частичное отрицательное доминирование этого признака ($h_p = -0,23$) и преобладание растений со средней высотой между родительскими значениями. На долю рецессивного родительского сорта Бахус приходилось примерно 25 % крайних частот гибрида. Наблюдалось моногенное расщепление признака в соотношении 3:1, сила гена составила 33,7 см.

Генотипические факторы влияют на величину эксцесса. Симметричное биномиальное распределение $(1 + 1)^n$ имеет отрицательный эксцесс, т.е. $Ex < 0$, его предельная величина равна -2 . Свойство биномиальных распределений: $Ex = -2/n$. При отсутствии эксцесса $Ex = 0$. Если эксцесс положительный, то этот показатель приобретает знак $+$ и может иметь любую величину. В нашем опыте величина эксцесса по высоте растений гибрида составила 2,17.

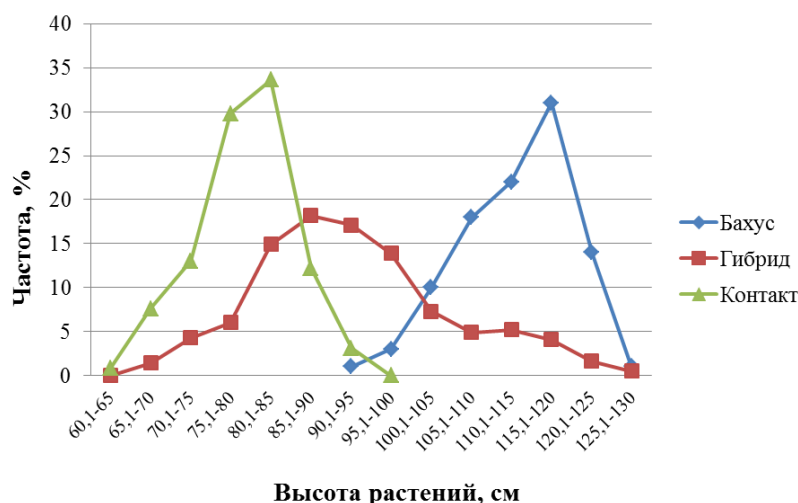


Рис. 1. Распределение частот признака «высота растений» у родительских сортов и гибрида риса F₂ Бахус × Контакт (2021 г.)

Fig. 1. Frequency distribution of the trait 'plant height' in the parental varieties and rice hybrid F₂ 'Bakhus × Kontakt' (2021)

Длина метелок у растений сорта Контакт составила в среднем 13,4 см, у Бахуса – 21,3 см, у гибрида – 17,2 см.

Длина метелки у растений F₂ варьировала очень широко, от 9 до 26 см, то есть в пределах изменчивости обоих родительских сортов (V = 15,8%). Наблюдалось отсутствие доминирования этого признака (h_p = 0,0). Слева распо-

лагалась кривая распределения сорта Контакт, справа – сорта Бахус, в центре – гибрида F₂. КРЧ гибридной популяции была симметричной и показала дигенные различия сортов с расщеплением в соотношении 1:4:6:4:1 (рис. 2). Коэффициент эксцесса составил 0,32. Средняя сила каждого гена составила 4 см.

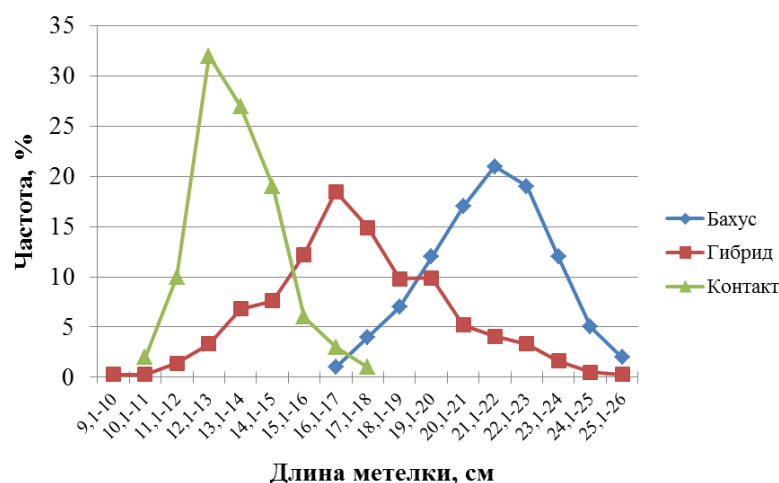


Рис. 2. Распределение частот признака «длина метелки» у родительских сортов и гибрида риса F₂ Бахус × Контакт (2021 г.)

Fig. 2. Frequency distribution of the trait 'panicle length' in the parental varieties and rice hybrid F₂ 'Bakhus × Kontakt' (2021)

Аналогичная картина расщепления наблюдалась нами ранее у гибрида риса F₂ Мавр × Контакт (Костылев и др., 2021).

Родительские сорта по количеству колосков в метелке различались на 48,2 шт., средняя величина этого признака у Kontakта составила 125,6 шт., у Бахуса – 173,8 шт., а у гибрида – 157,7 шт., варьируя в широких пределах от 40 до 360 шт. (V = 35,7 %). КРЧ гибрида показала значительную положительную трансгрессию. Наблюдалось доминирование большего коли-

чества колосков, степень которого составила 0,33, и правосторонняя асимметрия (As = 0,51). Коэффициент эксцесса составил 0,25. Кривая была трехвершинной и смещенной вправо относительно распределения сорта Бахус, выщепилось небольшое количество растений с хорошей озерненностью метелок – до 360 колосков (рис. 3). Частота трансгрессивных растений, у которых количество колосков в метелке превышало 280 шт., составила во втором поколении 2,3 %. Это происходило в результате вза-

имодействия рецессивных и доминантных аллелей трех разных пар локусов, приведшего

к появлению новых комбинаций генов, способствующих хорошей озерненности растений.

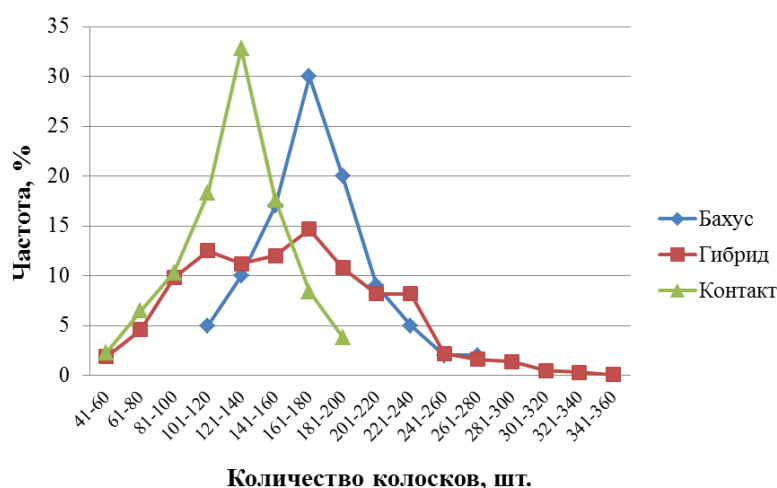


Рис. 3. Распределение частот признака «число колосков» у родительских сортов и гибрида риса F_2 Бахус × Контакт (2021 г.)

Fig. 3. Frequency distribution of the trait 'number of spikelets' in the parental varieties and rice hybrid F_2 'Bakhus × Kontakt' (2021)

Аналогичное расщепление по величине этого признака наблюдалось ранее у гибридов риса F_2 NSIC Rc106 × Новатор (Костылев и др., 2015) и Карлик 1 × LK (Костылев и др., 2018).

По длине колоска между родительскими сортами наблюдались значительные различия – в 2,6 мм, у Бахуса – 10,2 мм, у Контакта – 7,6 мм. У гибридов второго поколения наблюдалась широкая вариация признака

в пределах изменчивости родительских сортов от 6,8 до 11,0 мм ($V = 7,4\%$). Доминирование отсутствовало ($h_p = 0,05$). КРЧ гибрида была симметричной, пятивершинной (рис. 4). Это свидетельствует о дигенном расщеплении в соотношении 1:4:6:4:1. Коэффициент эксцесса составил 0,18. Средняя сила каждого гена составила 1,3 мм.

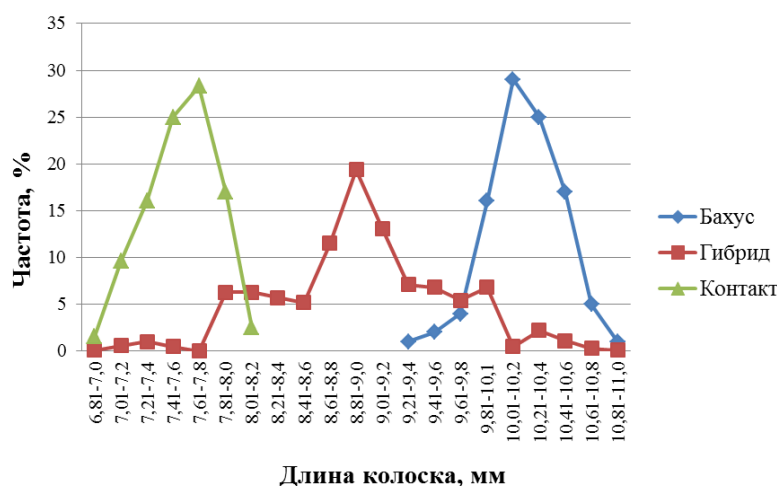


Рис. 4. Распределение частот признака «длина зерна» у родительских сортов и гибрида риса F_2 Бахус × Контакт (2021 г.)

Fig. 4. Frequency distribution of the trait 'kernel length' in the parental varieties and rice hybrid F_2 'Bakhus × Kontakt' (2021)

Масса 1000 зерен у исходных сортов различалась на 9,1 г, у сорта Бахус – 38,9 г, у сорта Контакт – 29,8 г, у гибрида она в среднем была промежуточной – 34,1 г. Масса 1000 зерен в F_2 колебалась в рамках полиморфизма родительских форм: от 30 до 45 г ($V = 10,7\%$). Установлено частичное отрицательное до-

минирование ($h_p = -0,06$) и правосторонняя асимметрия ($As = 0,33$). Коэффициент эксцесса составил $-0,38$. КРЧ потомков F_2 имела 2 вершины, из которых большая располагалась слева, ближе к Контакту, а меньшая – справа, рядом с вершиной Бахуса (рис. 5). Наблюдалось моногенное расщепление в соотношении 3:1. Сила

действия гена составила 9,1 г. Аналогичные результаты были получены ранее при генетическом анализе комбинаций F_2 Лампо × Вираз

и Лампо × Командор (Костылев и Редькин, 2010).

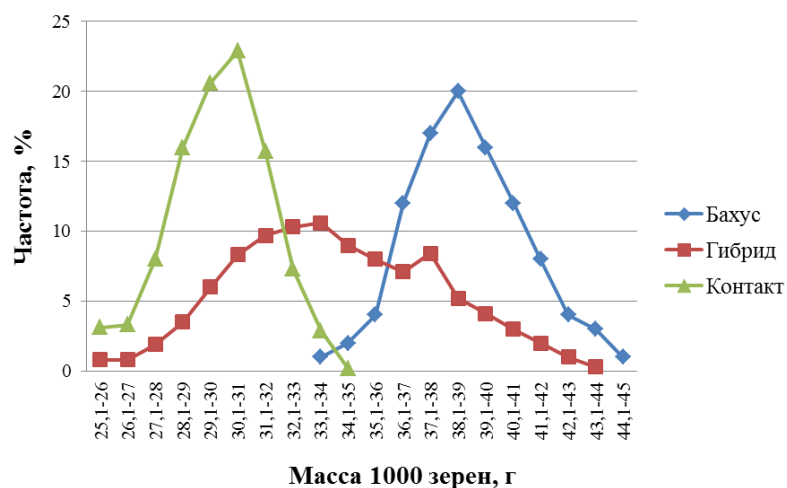


Рис. 5. Распределение частот признака «масса 1000 зерен» у родительских сортов и гибрида риса F_2 Бахус × Контакт (2021 г.)

Fig. 5. Frequency distribution of the trait '1000-kernel weight' in the parental varieties and rice hybrid F_2 'Bakhus × Kontakt' (2021)

В результате анализа были выделены линии второго поколения. Их характеристика представлена в таблице. Они отличались оптимальной высотой растений (81–100 см), длинными

метелками (18,1–21,5 см), их высокой озерненностью (200–349 шт.), удлинённой зерновкой (7,4–9,6 мм) и повышенной массой 1000 семян (31,0–38,4 г).

Характеристика исходных сортов и выделившихся линий F_2 из гибридной популяции Бахус × Контакт (2021 г.)
Characteristics of the initial varieties and identified lines F_2 from the hybrid population 'Bakhus × Kontakt' (2021 g.)

Сорт и № растений F_2	Высота растений, см	Длина метелок, см	Количество колосков, шт.	Длина зерновки, мм	Масса 1000 семян, г
Контакт	79,4	13,4	125,6	7,6	29,8
Бахус	113,1	21,3	173,8	10,2	38,9
10	81,0	18,5	204	8,9	35,5
28	84,3	19,4	224	8,6	32,6
29	100,0	19,1	223	9,3	36,2
41	94,0	18,5	276	9,1	33,2
49	96,0	21,5	291	9,0	31,7
57	84,0	18,4	251	8,9	33,3
61	97,0	18,1	204	7,4	31,6
63	87,1	19,8	349	8,1	31,0
69	95,0	18,1	211	9,0	31,3
71	90,6	19,5	258	8,5	32,4
87	93,7	21,5	283	7,5	31,8
91	96,0	20,5	273	9,0	31,1
104	97,0	18,1	225	9,4	31,7
108	90,0	20,1	328	9,4	31,4
146	97,0	18,1	258	8,6	34,4
151	87,0	18,5	268	9,2	31,4
152	99,0	19,1	200	9,3	36,9
167	100,0	20,1	315	9,2	31,3
170	97,0	19,1	240	9,6	38,4
178	90,4	18,3	300	9,1	33,2
211	94,9	19,3	235	9,0	34,4
260	98,7	20,1	213	9,2	34,8
σ	12,9	2,7	56,5	1,5	3,6

Линия 63 по морфотипу была похожа на Контакт, но имела более длинную метелку, на которой сформировалось 349 колосков. Линия 170 имела такое же крупное зерно, как у Бахуса (38,4 г), однако была более низкорослой (97 см) и не полежала.

Все линии, представленные в таблице, были высеяны в 2022 г. в гибридном питомнике третьего поколения, из которого отобраны лучшие по морфотипу формы для последующей селекционной работы по созданию скороспелых и среднеспелых продуктивных сортов риса с высокой интенсивностью роста.

Выводы

1. У гибрида F_2 частично доминировали меньшие значения высоты растений ($h_p = -0,23$). Наблюдалось моногенное расщепление признака в соотношении 3:1, сила гена составила 33,7 см.

2. По длине метелки доминирование отсутствовало. Кривая распределения частот признака гибридной популяции была трехвершинной. В F_2 установлены дигенные различия родительских сортов и расщепление в число-

вом отношении 1:4:6:4:1. Сила каждого гена составила 4 см.

3. Количество колосков на метелке показало доминирование большей величины признака ($h_p = 0,33$) и небольшую положительную трансгрессию, обусловленную взаимодействием трех генов.

4. По длине колоска у гибридов F_2 наблюдалась широкая вариация признака в пределах изменчивости родительских сортов от 6,8 до 11,0 мм. Доминирование отсутствовало. КРЧ гибрида была симметричной, пятивершинной, что свидетельствует о дигенном расщеплении в соотношении 1:4:6:4:1. Средняя сила гена составила 1,3 мм.

5. Масса 1000 зерен колебалась в рамках полиморфизма родительских форм: от 30 до 45 г. Наблюдалось моногенное расщепление в соотношении 3:1. Сила действия гена составила 9,1 г.

6. Отобраны лучшие по морфотипу формы F_2 , которые отличались оптимальной высотой растений 80–100 см, длинными метелками, повышенной их озерненностью и массой 1000 семян.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга, 2012. 352 с.
2. Костылев П. И., Редькин А. А. Наследование массы 1000 зерен риса и их количества на метелке при различных нормах высева // Зерновое хозяйство России. 2010. № 2(8). С. 9–15.
3. Костылев П. И., Редькин А. А., Краснова Е. В., Кудашкина Е. Б., Костылева Л. М. Наследование ряда количественных признаков у гибрида между сортами NSIC Rc 106 и Новатор // Труды КубГАУ. 2015. № 5. С. 106–111.
4. Костылев П. И., Краснова Е. В., Костылева Л. М. Изучение гибридов риса от скрещивания турецких и российских сортов в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4(52). С. 35–40.
5. Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Наследование ряда количественных признаков у гибрида риса Карлик 1 × LK // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 43–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-43-47.
6. Костылев П. И., Краснова Е. В., Сирапионов Г. А. Генетический анализ гибридной популяции риса Мавр × Контакт // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6 (78). С. 39–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-39-44.
7. Мережко, А. Ф. Использование менделеевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: Материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса. Краснодар, 2005. С. 107–117.
8. Lei L., Zheng H. L., Wang J. G., Liu H. L., Sun J., Zhao H. W., Yang L. M., Zou D. T. Genetic dissection of rice (*Oryza sativa* L.) tiller, plant height, and grain yield based on QTL mapping and metaanalysis // Euphytica. 2018. Vol. 214, № 109. P. 1–17. DOI: 10.1007/s10681-018-2187-2.
9. Liu E., Liu Y., Wu G., Zeng S., Thu G., Thi T. G. T., Liang L., Liang Y., Dong Z., She D., Wang H., Zaid I. U., Hong D. Identification of a candidate gene for panicle length in rice (*Oryza sativa* L.) via association and linkage analysis // Front Plant Sci. 2016. Vol. 7, № 596. P. 1–13. DOI: 10.3389/fpls.2016.00596.
10. Yuan H., Qin P., Hu L., Zhan S., Wang S., Gao P., Li J., Jin M., Xu Z., Gao Q., Du A., Tu B., Chen W., Ma B., Wang Y., Li S. OsSPL18 controls grain weight and grain number in rice // Journal of Genetics and Genomics. 2019. Vol. 46. P. 41–51. DOI: 10.1016/j.jgg.2019.01.003.

References

1. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Kniga, 2012. 352 s.
2. Kostylev P. I., Red'kin A. A. Nasledovanie massy 1000 zeren risa i ikh kolichestva na metelke pri razlichnykh normakh vyseva [Inheritance of '1000-grain weight' of rice and 'number of grains per panicle' at different seeding rates] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2010. № 2(8). S. 9–15.
3. Kostylev P. I., Red'kin A. A., Krasnova E. V., Kudashkina E. B., Kostyleva L. M. Nasledovanie ryada kolichestvennykh priznakov u gibrida mezhdru sortami NSIC Rc 106 i Novator [Inheritance of several quantitative traits in a hybrid between varieties 'NSIC Rc 106' and 'Novator'] // Trudy KubGAU. 2015. № 5. S. 106–111.
4. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Kostyleva L. M. Izuchenie gibridov risa ot skreshchivaniya turetskikh i rossiiskikh sortov v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Study of rice hybrids from crossing Turkish and Russian varieties in the conditions of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 4(52). S. 35–40.

5. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V. Nasledovanie ryada kolichestvennykh priznakov u gibrida risa Karlik 1 × LK [Inheritance of several quantitative traits in rice hybrid 'Dwarf 1 × LK'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 43–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-43-47.
6. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Sirapionov G. A. Geneticheskii analiz gibridnoi populyatsii risa Mavr × Kontakt [Genetic analysis of the hybrid rice population 'Maurus × Kontakt'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 6 (78). S. 39–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-39-44.
7. Merezhko A. F. Ispol'zovanie mendelevskikh printsipov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchikh priznakov [Use of Mendeleev's principles in the computer analysis of the varying traits' inheritance] // Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenii: Materialy shkoly molodykh uchenykh RASKhN, VNII risa. Krasnodar, 2005. S. 107–117.
8. Lei L., Zheng H. L., Wang J. G., Liu H. L., Sun J., Zhao H. W., Yang L. M., Zou D. T. Genetic dissection of rice (*Oryza sativa* L.) tiller, plant height, and grain yield based on QTL mapping and metaanalysis // Euphytica. 2018. Vol. 214, № 109. P. 1–17. DOI: 10.1007/s10681-018-2187-2.
9. Liu E., Liu Y., Wu G., Zeng S., Thu G., Thi T. G. T., Liang L., Liang Y., Dong Z., She D., Wang H., Zaid I. U., Hong D. Identification of a candidate gene for panicle length in rice (*Oryza sativa* L.) via association and linkage analysis // Front Plant Sci. 2016. Vol. 7, № 596. P. 1–13. DOI: 10.3389/fpls.2016.00596.
10. Yuan H., Qin P., Hu L., Zhan S., Wang S., Gao P., Li J., Jin M., Xu Z., Gao Q., Du A., Tu B., Chen W., Ma B., Wang Y., Li S. OsSPL18 controls grain weight and grain number in rice // Journal of Genetics and Genomics. 2019. Vol. 46. P. 41–51. DOI: 10.1016/j.jgg.2019.01.003.

Поступила: 19.10.22; доработана после рецензирования: 31.10.22; принята к публикации: 31.10.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «АНЦ «ДОНСКОЙ» В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Я. Айдиев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства, aydiev.knii@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4430-6645;

Д. М. Марченко², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы полунинтенсивного типа, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

М. М. Иванисов², кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы полунинтенсивного типа, ivanisov561991@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910;

А. А. Емельянова¹, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-0610-3991;

Е. В. Логвинова¹, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-0422-6176

¹ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр»,
305021, г. Курск, ул. К. Маркса, 70Б;

²ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3, e-mail: vniizk30@mail.ru

В статье представлены результаты экологического испытания сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в почвенно-климатических условиях Курской области. Цель исследований – выявить перспективные сорта и селекционные линии озимой мягкой пшеницы, адаптированные к условиям Центрально-Черноземного региона Российской Федерации. Объектами исследований на начальном этапе (2018–2020 гг.) были сорта озимой пшеницы, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений – Вольный Дон, Краса Дона, Донская степь, Вольница, Этюд, Жаворонок, Ермак, а в последующие годы (2020–2021 гг.) изучалось от 15 до 40 линий, созданных на основе гибридизации в «АНЦ «Донской». В результате экологических испытаний выделен ряд сортов и линий, наиболее адаптированных к почвенно-климатическим условиям Курской области. Передан новый совместный сорт озимой мягкой пшеницы Вертикаль, который находится в Государственном сортоиспытании. Урожайность сорта Вертикаль в Курском ФАНЦ варьировала от 50,1 до 71,9 ц/га; в СамНЦ РАН – от 32,4 до 71,6 ц/га; в НИИСХ Крыма – от 38,7 до 49,5 ц/га, у стандартных сортов Московская 39, Скипетр и Ермак урожайность составляла соответственно 47,8–52,0, 25,3–63,9 и 37,0–42,2 ц/га. Экологические исследования проводили в селекционном севообороте Курского НИИ АПП (ФГБНУ «Курский ФАНЦ»). Почвенный покров опытного участка представлен черноземом типичным тяжелосуглинистым. Предшественник – чистый пар. Посев проводили рядовым способом с шириной междурядий 15 см сеялкой СКС-6-10. Делянки с учетной площадью 10 м² в шестикратной повторности, норма высева – 500 всхожих зерен на 1 м², через каждые 10 номеров высевали стандартный сорт Московская 39. За годы исследований выделились линии озимой мягкой пшеницы с хозяйственно ценными признаками, которые превышают стандарт и могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе. Выведение сортов на кооперативной основе позволяет расширить ареал распространения исследований селекционных центров для создания новых сортов в других эколого-географических условиях.

Ключевые слова: экологическое испытание, урожайность, элементы структуры урожая, научная кооперация, озимая мягкая пшеница.

Для цитирования: Айдиев А. Я., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Емельянова А. А., Логвинова Е. В. Результаты экологического испытания сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в условиях Курской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-54-58.



ECOLOGICAL TESTING RESULTS OF THE WINTER BREAD WHEAT VARIETIES AND LINES DEVELOPED IN THE FSBSI “ARC “DONSKOY” IN THE KURSK REGION

A. Ya. Aidiev¹, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for breeding and seed production, aydiev.knii@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4430-6645;

D. M. Marchenko², Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter wheat of half-intensive type, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

M. M. Ivanisov², Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter wheat of half-intensive type, ivanisov561991@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910;

A. A. Emeliyanova¹, senior researcher, ORCID ID: 0000-0002-0610-3991;

E. V. Logvinova¹, researcher, ORCID ID: 0000-0002-0422-6176

¹FSBSI “Kursk Federal Agricultural Research Center”,
305021, Kursk, Karl Marks Str., 70B;

²FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has presented the ecological testing results of the winter bread wheat varieties and lines developed in the FSBSI "ARC "Donskoy" in the soil and climatic conditions of the Kursk region. The purpose of the current study was to identify promising varieties and breeding lines of winter bread wheat adapted to the conditions of the Central Blackearth region of the Russian Federation. The objects of the study at the initial stage (2018–2020) were such winter wheat varieties included in the State List of Breeding Achievements as 'Volny Don', 'Krasa Dona', 'Donskaya Step', 'Volnitsa', 'Etyud', 'Zhavoronok', 'Yermak', and in the following years (2020–2021) there were studied from 15 to 40 lines developed on the basis of hybridization in the "ARC "Donskoy". As a result of ecological testing, there has been identified a number of varieties and lines that are most adapted to the soil and climatic conditions of the Kursk region. A new joint variety of winter bread wheat 'Vertikal' has been sent to the State Variety Testing. Productivity of the variety 'Vertikal' in the Kursk FANC varied from 50.1 to 71.9 hwt/ha; in SamRC RAS it was from 32.4 to 71.6 hwt/ha; in the Research Institute of Agriculture of the Crimea it was from 38.7 to 49.5 hwt/ha. Productivity of the standard varieties 'Moskovskaya 39', 'Skipetr' and 'Ermak' was 47.8–52.0 hwt/ha, 25.3–63.9 hwt/ha, 37.0–42.2 hwt/ha, respectively. Ecological testing was carried out in the breeding crop rotation of the Kursk Federal Agricultural Research Center (FSBSI Kursk FANC). The soil cover of the experimental plot was represented by typical heavy loamy blackearth (chernozem). The forecrop was black fallow. Sowing was carried out in an ordinary way with a row spacing of 15 cm, with a seeder SKS-6-10. The plots were with an accounting area of 10 m² in six repetitions, the seeding rate was 500 germinating grains per 1 m², the standard variety 'Moskovskaya 39' was sown every 10 numbers. Lodging and winter hardiness and structural analysis of plants was estimated according to the methods of the State Variety Testing of Agricultural Crops. Over the years of study, there have been identified the winter bread wheat lines with economically valuable traits that exceeded the standard one and could be used in further breeding work. Breeding varieties on a cooperative basis makes it possible to expand the area of distribution of research by breeding centers to develop new varieties in other ecological and geographical conditions.

Keywords: ecological testing, productivity, yield structure elements, scientific cooperation, winter bread wheat.

Введение. Пшеница – одна из самых древних и самых важных для большей части человечества продовольственных культур. Увеличение производства зерна является одной из приоритетных задач в аграрном секторе Российской Федерации. Бурный рост производства, дальнейший технический прогресс немыслимы без соответствующего развития сельскохозяйственной науки (Грабовец и др., 2021).

В растениеводстве – это темпы разработки и доведения до производства новых высокопродуктивных генотипов сельскохозяйственных культур. В современных условиях сорт представляется тем фактором, без которого невозможно научно-технический прогресс в агропромышленном комплексе и без которого невозможно достичь оперативного развития производства и экономической стабильности сельскохозяйственных предприятий. Одним из важнейших свойств лучших современных сортов культурных растений является их способность давать не только высокий, но и относительно стабильный урожай в широком диапазоне варьирования условий выращивания во времени и пространстве (Алабушев, 2019; Каменева и др., 2019).

Поэтому важнейшей задачей селекции является создание высокопродуктивных сортов, хорошо приспособленных к определенным почвенно-климатическим условиям, с более совершенной технологией возделывания, способных эффективно использовать природные факторы, удобрения и давать высокие урожаи (Коледа и др., 2018; Manukyan and Miroshnikova, 2020).

Цель исследований – выявить перспективные сорта и селекционные линии озимой мягкой пшеницы, адаптированные к условиям Центрально-Черноземного региона, для даль-

нейшего внедрения в производство и использования в селекционном процессе.

Материалы и методы исследований.

Материалом исследований послужили сорта и линии озимой мягкой пшеницы, созданные в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград, Ростовская область). Экологическое испытание проводили в селекционном севообороте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область). Предшественник – чистый пар. Посев проводили рядовым способом с шириной междурядий 15 см сеялкой СКС-6-10. Делянки с учетной площадью 10 м² в шестикратной повторности, норма высева – 500 всхожих зерен на 1 м², через каждые 10 номеров высевали стандартный сорт Московская 39.

Почвенный покров опытного поля представлен черноземом типичным тяжелосуглинистым. Фенологические наблюдения и структурный анализ растений проводили по методикам Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).

Метеорологические условия вегетационных сезонов для зерновых культур различались по годам и месяцам исследований. 2017/2018 г. характеризовался недостаточной влагообеспеченностью, проявлением суховейных явлений и суховея (в период «колошение – цветение»). Вегетационные сезоны 2018–2019 и 2020–2021 гг. характеризовались как слабо засушливые. 2019/2020 г. стал благоприятным для формирования высокого урожая озимых культур.

Результаты и их обсуждение. Погодные условия, сложившие в годы исследований (2018–2021 гг.), существенно влияли на урожайность озимой пшеницы, максимальная урожайность была получена в 2020 г., она варьировала от 52,4 до 74,7 ц/га (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность сортов и линий пшеницы мягкой озимой, выделившихся в экологическом испытании, ц/га (2018–2021 гг.)
Table 1. Productivity of the winter bread wheat varieties and lines identified during the ecological testing, hwt/ha (2018–2021)

Сорт	Годы				Средняя	±к стандарту
	2018	2019	2020	2021		
Московская 39, ст.	57,4	41,0	56,5	–	51,6	–
Вольный Дон	62,5	52,8	65,3	–	60,2	+8,6
Краса Дона	67,3	52,6	69,1	–	63,0	+11,4
Донская степь	61,4	60,3	62,5	–	61,4	+9,8
Вольница	70,9	55,6	59,0	–	61,8	+10,2
Этюд	65,8	45,7	63,9	–	58,4	+6,8
Жаворонок	58,4	50,6	52,4	–	53,8	+2,2
1074/14	68,2	44,1	69,9	–	60,7	+9,1
1377/06	–	55,3	66,7	–	61,0	+12,2
1289/14	–	44,8	70,6	–	57,7	+8,9
1618/14	–	49,6	60,0	–	54,8	+6,0
1118/14	–	44,1	64,5	–	54,3	+5,5
1577/14	–	43,3	65,7	–	54,5	+5,7
Московская 39, ст.	–	–	56,5	47,8	52,1	–
1275/16	–	–	66,4	57,3	61,8	+9,7
1096/17	–	–	74,7	57,9	66,3	+14,2
595/13	–	–	69,5	56,6	63,0	+10,9
Вертикаль	–	–	71,9	50,1	61,0	+8,9
НСР ₀₅	1,5	1,2	1,8	1,6	–	–

Низкая урожайность отмечена в 2019 г., она составила от 41,0 до 60,3 ц/га. В среднем за 3 года изучения (2018–2020 гг.) в экологическом испытании максимальная урожайность зерна была отмечена у следующих сортов озимой мягкой пшеницы: Вольный Дон, Краса Дона, Донская степь, Вольница, Этюд и линия 1074/14, превышение над стандартным сортом Московская 39 составило от 6,8 до 11,4 ц/га. В среднем за 2 года изучения (2019–2020 гг. и 2020–2021 гг.) высокую урожайность сформировали следующие линии: 1377/06, 1289/14, 1096/17, 595/13, 1275/16 и сорт Вертикаль, превышение над стандартом варьировало от 8,9 до 14,2 ц/га.

В различных экологических и погодноклиматических условиях величина урожайности озимой пшеницы зависит от многих факторов, в том числе и от элементов структуры урожая: продуктивной кустистости, озерненности колоса, массы 1000 зерен, а также от генотипа сорта.

Количество продуктивных стеблей на одно растение у образцов экологического испытания в годы исследований изменялось в широких пределах: от 2,9 (Московская 39) до 4,9 шт./раст. (595/13). Следует отметить, что все представленные в таблице 2 сорта и линии озимой пшеницы превосходили стандартный сорт по данному показателю.

Таблица 2. Элементы структуры урожая озимой мягкой пшеницы (среднее за 2018–2021 гг.)
Table 2. Yield structure elements of winter bread wheat (mean in 2018–2021)

Сорт	Кустистость, шт./раст.		Анализ колоса		Масса 1000 зерен, г
	общая	продуктивная	длина колоса, см	число зерен, шт.	
Московская 39, ст.	3,7	2,9	7,8	35	41,2
Вольный Дон	4,1	3,3	8,0	32	43,2
Краса Дона	3,8	3,2	5,6	29	45,6
Донская степь	3,8	3,3	6,3	34	46,2
Вольница	3,7	3,1	6,6	29	47,2
Жаворонок	4,1	3,2	6,6	29	44,1
Этюд	3,7	3,1	6,3	29	47,2
1074/14	3,9	3,4	6,6	37	43,6
1377/06	4,3	3,5	7,0	36	39,1
1289/14	4,6	3,7	8,0	38	37,4
1618/14	4,4	3,7	8,5	35	43,8
1118/14	3,9	3,2	7,5	33	43,3
1577/14	4,2	3,5	7,0	34	47,2
1275/16	4,3	3,5	9,0	42	43,3
1096/17	3,3	3,3	10,0	40	42,2
595/13	5,8	4,9	9,0	39	41,1
Вертикаль	5,5	4,7	7,5	38	37,6

Средней длиной колоса (8–10 см) характеризовались сорт Вольный Дон и линии 1289/14, 1618/14, 1275/16, 1096/17, 595/13. Остальные сорта, представленные в таблице 2, формировали короткий колос – до 8 см.

Число зерен в колосе – важный количественный признак, так как в ряде случаев имеет первостепенное значение в повышении урожайности зерна. Этот признак в опыте варьировал от 29 зерен в колосе у сортов Краса Дона, Вольница, Жаворонок и Этюд до 42 шт. у линии 1275/16. У стандартного сорта Московская 39 формировалось 35 зерен в колосе.

Масса 1000 зерен в опыте имела широкий размах варьирования – от 37,4 до 47,2 г. У стандартного сорта она составила 41,2 г. Основная масса генотипов озимой пшеницы сформировали крупное зерно – масса 1000 зерен у них была более 40 г. Линии 1377/06, 1289/14 и сорт Вертикаль характеризовались зерном средней крупности.

По результатам экологических испытаний в Курской, Самарской, Ростовской области и Республике Крым на Государственное испытание по Северо-Кавказскому, Центрально-Черноземному, Средневолжскому и Нижневолжскому региону передан новый сорт озимой мягкой пшеницы Вертикаль, оригинатором которого являются: СамНЦ РАН, АНЦ «Донской», Курский ФАНЦ и НИИСХ Крыма. Урожайность нового сорта в Курском ФАНЦ варьировала от 50,1 до 71,9 ц/га; в СамНЦ РАН – от 32,4 до 71,6 ц/га; в НИИСХ Крыма – от 38,7 до 49,5 ц/га, у стандартных сортов Московская 39, Скипетр и Ермак урожайность составляла соответственно 47,8–52,0, 25,3–63,9, 37,0–42,2 ц/га. Превышение урожайности над стандартными сортами в разных экологических точках от 4 до 28 %. Новый сорт низкостебельный (65 см), обладает высокой устойчивостью к полеганию – 5 баллов (табл. 3).

Таблица 3. Хозяйственно-биологическая характеристика сорта озимой мягкой пшеницы Вертикаль (2019–2021 гг.)
Table 3. Economic and biological characteristics of the winter bread wheat variety 'Vertikal' (2019–2021)

Показатель	Единица измерения	Вертикаль
Вегетационный период	суток	293
Зимостойкость	%	98
Содержание белка	%	14,2
Содержание клейковины	%	30,5
Поражение болезнями (инф. фон)		
Бурая ржавчина	%	5–10
Мучнистая роса	балл	1,5–2,0
Высота растений	см	65
Устойчивость к полеганию	балл	5

Зимостойкость сорта Вертикаль высокая, средняя за 3 года сохранность растений в полевых условиях составила 98 %. По качеству зерна (содержание белка 14,2 %, содержание клейковины 30,5 %) новый сорт отвечает требованиям на «сильную пшеницу».

Выводы. В результате экологических испытаний выделен ряд сортов и линий, наиболее адаптированных к почвенно-климатическим условиям Курской области. Максимальная урожайность за 3 года изучения была сформирована следующими образцами: Краса Дона, Вольница, Донская степь, Вольный Дон, Этюд и селекционная линия 1074/14, прибавка к стандарту составила от 6,8 до 11,4 ц/га. За 2 года

изучения (2019–2020 гг. и 2020–2021 гг.) выделился сорт Вертикаль и линии: 1377/06, 1289/14, 1096/17, 595/13, 1275/16, превышение над Московской 39 варьировало от 8,9 до 14,2 ц/га.

В 2021 году совместно Курским ФАНЦ, АНЦ «Донской», СамНЦ РАН и НИИСХ Крыма на Государственное испытание по Северо-Кавказскому, Центрально-Черноземному, Средневолжскому и Нижневолжскому регионам передан новый сорт озимой мягкой пшеницы Вертикаль. Превышение урожайности нового сорта над стандартными сортами в разных экологических точках составило от 4 до 28 %.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В. Экспортные поставки и современное состояние рынка зерна пшеницы в России и мире // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 2. С. 68–70. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10216.
2. Грабовец А. И., Фоменко М. А., Олейникова Т. А., Железняк Е. А. Новые сорта озимой мягкой пшеницы – итог реализации разработок по селекции на продуктивность и адаптивность // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 19–23. DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/19-23.
3. Каменева А. С., Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Макарова Т. С., Дубинина О. А., Костыленко О. А., Олдырева И. М. Оценка сортов различного экологического происхождения по основным признакам и свойствам // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 52–57. DOI: 10.31367/2079-2079-8725-2019-62-2-52-57.

4. Коледа К.В., Живлюк Е.К., Коледа И.И., Бородич Е.А. Раница – новый скороспелый сорт мягкой озимой пшеницы // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов / под ред. В.К. Пестиса. Гродно, 2018. С. 87–93.

5. Manukyan I.R., Miroshnikova E.S. Comprehensive assessment of the breeding material of winter wheat for resistance to moisture deficiency and productivity // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 547. P. 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012022

References

1. Alabushev A.V. Eksportnye postavki i sovremennoe sostoyanie rynka zerna pshenitsy v Rossii i mire [Export deliveries and the current state of the wheat grain market in Russia and the world] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 2. S. 68–70. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10216.

2. Grabovets A.I., Fomenko M.A., Oleinikova T.A., Zheleznyak E.A. Novye sorta ozimoi myagkoi pshenitsy – itog realizatsii razrabotok po selektsii na produktivnost' i adaptivnost' [New winter bread wheat varieties are the result of the implementation of breeding developments for productivity and adaptability] // Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2021. № 2. S. 19–23. DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/19-23.

3. Kameneva A.S., Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Makarova T.S., Dubinina O.A., Kostylenko O.A., Oldyreva I.M. Otsenka sortov razlichnogo ekologicheskogo proiskhozhdeniya po osnovnym priznakam i svoistvam [Estimation of varieties of different ecological origin according to the main traits and properties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 2(62). S. 52–57. DOI: 10.31367/2079-2079-8725-2019-62-2-52-57.

4. Koleda K.V., Zhivlyuk E.K., Koleda I.I., Borodich E.A. Ranitsa – novyi skorospelyi sort myagkoi ozimoi pshenitsy ['Ranitsa' is a new early maturing winter bread wheat variety] // Sel'skoe khozyaistvo – problemy i perspektivy: sbornik nauchnykh trudov / pod red. V.K. Pestisa. Grodno, 2018. S. 87–93.

5. Manukyan I.R., Miroshnikova E.S. Somprehensive assessment of the breeding material of winter wheat for resistance to moisture deficiency and productivity // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 547. P. 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012022

Поступила: 07.11.22; доработана после рецензирования: 09.12.22; принята к публикации: 09.12.22.

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. Айдиев А.Я. – концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Марченко Д.М. – концептуализация исследований, критический анализ текста; Иванисов М.М. – подготовка рукописи, финальная доработка текста; Емельянова А.А. – сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Логвинова Е.В. – сбор данных, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПРИОРИТЕТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ВЫСОКОУРОЖАЙНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Н. Н. Зезин, руководитель ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, uralniishoz@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-7208-3904;

В. А. Воробьев, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-3256-7522;

А. В. Воробьев, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, кандидат сельскохозяйственных наук, selektsiya@bk.ru, ORCID ID: 0000-0003-0377-8419;

З. Р. Николаева, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-0119-4180

ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН), 620142, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Белинского, д. 112-а

Исследования проведены в ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН на полях Красноуфимского селекционного центра Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в 2019–2021 годах. Цель – создание новых высокоурожайных сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к климатическим условиям Среднего Урала, с использованием в гибридизации родительских форм с высокими показателями селекционных индексов. Дана характеристика раннеспелого сорта Экстра и среднераннего Ница и их родителей, соответственно Омская 35 и Ирень, Екатерина и Красноуфимская 100 по селекционным индексам – мексиканскому, канадскому, полтавскому, аттракции, продуктивности, потенциальной продуктивности колоса, интенсивности, микрораспределения, линейной плотности колоса, налива зерна. Показано, что преимущество сорта Экстра по урожайности зерна над Иренью составило 0,37 т/га (11,1 %) и над Омской 35 – 0,31 т/га (9,1 %). Экстра совместила в себе высокие показатели шести селекционных индексов от среднеспелого сорта Омская 35 и превысила по изучаемым индексам оба родителя. Преимущество Ницы составило над Екатериной 0,52 т/га (19,2 %) и над Красноуфимской 100 – 0,40 т/га (14,2 %). Она совместила в себе высокие показатели четырех индексов от сорта Екатерина, шести – от Красноуфимской 100 и значительно превысила родительские сорта по индексам: полтавскому, мексиканскому, микрораспределения, аттракции, налива зерна, интенсивности. Установлена высокая положительная связь урожайности зерна с индексами аттракции ($r = 0,761$) и мексиканским ($r = 0,864$), средняя положительная с индексами интенсивности ($r = 0,601$), потенциальной продуктивности колоса ($r = 0,507$), налива зерна ($r = 0,333$). Результаты показали, что привлечение в гибридизацию родителей с высокими величинами селекционных индексов способствовало созданию новых высокоурожайных сортов яровой пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), сорт, селекция, продуктивность, селекционный индекс.

Для цитирования: Зезин Н. Н., Воробьев В. А., Воробьев А. В., Николаева З. Р. Приоритетная технология создания новых высокоурожайных сортов яровой мягкой пшеницы на Среднем Урале. 2022. Т. 14, № 6. С. 59–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-59-63.



PRIORITY TECHNOLOGIES FOR DEVELOPING NEW HIGHLY PRODUCTIVE VARIETIES OF SPRING BREAD WHEAT IN THE MIDDLE URALS

N. N. Zezin, head of the FSBSI UrFARC UrB RAS, corresponding member of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, uralniishoz@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-7208-3904;

V. A. Vorobiev, main researcher of the laboratory for spring wheat breeding and seed production, Candidate of Agricultural Sciences, ORCID ID: 0000-0003-3256-7522;

A. V. Vorobiev, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding and seed production, Candidate of Agricultural Sciences, selektsiya@bk.ru, ORCID ID: 0000-0003-0377-8419;

Z. R. Nikolaeva, researcher of the laboratory for spring wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-0119-4180

FSBSI "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" (FSBSI UrFARC UrB RAS), 620142, Sverdlov region, Ekaterinburg, Belinsky Str., 112-a

The study has been carried out at the FSBSI "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" on the fields of the Krasnoufimsk Breeding Center in 2019–2021. The purpose was to develop new highly productive varieties of spring bread wheat adapted to the climatic conditions of the Middle Urals using parental forms with high breeding indices in hybridization. There has been given a characteristic of the early-maturing variety 'Ekstra' and middle-early maturing 'Nitsa' and their parents, namely, 'Omskaya 35' and 'Iren', 'Ekaterina' and 'Krasnoufimskaya 100', according to such breeding indices as Mexican, Canadian, Poltava, attraction, productivity, potential head productivity, intensity, micro-distribution, linear head density, grain filling. There has been shown that the productivity advantage of the variety 'Ekstra' over the variety 'Iren' was 0.37 t/ha (11.1 %) and over the

variety 'Omskaya 35' it was 0.31 t/ha (9.1 %). The variety 'Ekstra' has combined the high values of six breeding indices from the middle maturing variety 'Omskaya 35' and exceeded both parents in the studied indices. The productivity advantage of the variety 'Nitsa' was 0.52 t/ha (19.2 %) over the variety 'Ekaterina' and over the variety 'Krasnoufimskaya 100' it was 0.40 t/ha (14.2 %). It has combined the high values of four indices from the variety 'Ekaterina', six from the variety 'Krasnoufimskaya 100' and significantly exceeded the parental varieties according to such indices as Poltava, Mexican, microdistribution, attraction, grain filling, intensity. There has been identified a high positive correlation between grain productivity and attraction indices ($r = 0.761$) and Mexican ($r = 0.864$), an average positive correlation between indices of intensity ($r = 0.601$), potential head productivity ($r = 0.507$), grain filling ($r = 0.333$). The results have showed that involving parents with high values of breeding indices into hybridization could contribute to the development of new highly productive varieties of spring wheat.

Keywords: spring wheat (*Triticum aestivum* L.), variety, breeding, productivity, breeding index.

Введение. В селекционной практике актуален поиск новых подходов, позволяющих значительно увеличить урожайность яровой пшеницы (Шумный и Салина, 2012). Практикой показано (Воробьев и др. 2019; Новохатин и др. 2019), что применение инновационных селекционных технологий приводит к созданию новых высокоурожайных сортов. При визуальном отборе по фенотипу, чем обычно пользуются селекционеры, трудно уловить уникальные особи, которые дадут начало будущему сорту. Для успешной селекции следует принимать во внимание роль генетико-физиологических систем, каждая из которых вносит свой вклад в признак продуктивности и которая может быть изучена в виде индекса (Драгавцев и др., 2012). В селекции на повышение урожайности яровой пшеницы предлагается новый подход, основанный на выделении самых продуктивных генотипов по селекционным индексам (Кочерина и Драгавцев, 2008). О роли индексов в литературе существуют противоречивые суждения. В одних исследованиях обнаружена незначительная, неустойчивая или отсутствующая связь индексов с урожаем (Вертий и др., 2018), в других отмечена тесная связь (Плиско и Пакуль, 2017; Воробьев В. и Воробьев А., 2018; Степанова и др., 2021). В этих работах отмечается, что селекционные индексы могут быть использованы для эффективного отбора одновременно по одному или нескольким признакам.

В селекционных программах отсутствуют сведения об использовании индексов в создании новых сортов яровой пшеницы. Все исследование сводится к их изучению.

Целью данной работы является создание новых высокоурожайных сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к климатическим условиям Среднего Урала, с использованием в гибридизации родительских форм с высокими показателями селекционных индексов.

Материалы и методы исследований. Полевые опыты проведены на полях Красноуфимского селекционного центра Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках государственного задания по теме «Совершенствование селекционной работы, создание биотехнологическими методами нового селекционного материала с уникальным продуктивным потенциалом и пластичностью,

устойчивого к вредителям и болезням, с заданными потребительскими свойствами».

Материалом для исследований послужили включенный в Государственный реестр селекционных достижений с 2020 г. раннеспелый сорт Экстра, проходящий Государственное испытание с 2022 г. среднеранний сорт Ница и их родители – Омская 35 и Ирень, Екатерина и Красноуфимская 100 соответственно. Сорта изучались в конкурсном испытании, повторность четырехкратная, норма высева – 7 млн всхожих зерен на 1 га, площадь делянки 19 м².

Для структурного анализа в двух местах каждой делянки закладывали стационарные площадки размером 0,25 м², растения с которых отбирали с корнями и проветривали в помещении до воздушно-сухого состояния.

Для расчета селекционных индексов определялись: длина растения, верхнего междоузлия и колоса, масса зерна главного колоса и его мякоти, масса 1000 зерен, число зерен главного колоса.

Изучали следующие индексы (Кочерина и Драгавцев, 2008) по формулам: мексиканский (масса зерна с колоса / высота растения), канадский (масса зерна с колоса / длина колоса), полтавский (масса зерна с колоса / длина верхнего междоузлия), аттракции (масса зерна с колоса / масса соломы главного стебля), микро-распределения (масса зерна с колоса / масса мякоти с колоса), линейной плотности колоса (число зерен в колосе / длина колоса), налива зерна (масса 1000 зерен / масса стебля).

Обработка экспериментальных данных проведена на компьютере с помощью программы Microsoft office, Excel.

Опыты закладывали на серой лесной и темно-серой лесной почвах, характерных для Среднего Урала (Зезин и др. 2020), предшественник – рапс на сидерат. Отмечены влагообеспеченные 2019 г. (количество осадков за вегетационный период 313 мм, ГТК – 2,5), 2020 г. (количество осадков 278 мм, ГТК – 2,5) и засушливый 2021 г. (количество осадков 80 мм, ГТК – 0,6).

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что Экстра превысила по урожайности зерна Ирень на 0,37 т/га (11,1 %) и более позднеспелый материнский сорт Омская 35 на 0,31 т/га (9,1 %). Преимущество Экстры объясняется более высокими величинами всех селекционных индексов (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность, селекционные индексы сорта Экстра и его родителей (2019–2021 гг.)
Table 1. Productivity, breeding indices of the variety 'Ekstra' and its parents (2019–2021)

Показатель	Омская 35 (мать)			Экстра			Ирень (отец)			Среднее превышение над родителями, %	
	min	max	среднее	min	max	среднее	min	max	среднее	Омская 35	Ирень
Урожайность, т/га	2,52	4,28	3,39*	2,45	5,04	3,70	1,89	4,83	3,33	9,1	11,1
Индексы:											
Мексиканский	0,015	0,019	0,017	0,017	0,021	0,019	0,014	0,017	0,015	11,8	26,7
Канадский	0,171	0,211	0,194	0,200	0,250	0,218	0,150	0,160	0,155	12,4	40,6
Полтавский	0,028	0,040	0,033	0,033	0,037	0,035	0,024	0,031	0,027	6,1	29,6
Линейной плотности колоса	3,70	4,00	3,87	4,60	4,80	4,70	3,50	3,90	3,67	21,4	28,1
Аттракции	1,15	1,25	1,20	1,15	1,45	1,28	1,00	1,09	1,06	6,7	20,8
Потенциальной продуктивности колоса	21,3	27,8	24,6	26,6	30,6	28,9	24,3	26,6	25,4	17,5	13,8
Налива зерна	32,0	35,7	34,0	33,4	38,6	35,3	26,6	35,2	31,3	3,8	12,8
Микрораспределения	2,8	3,8	3,3	3,0	4,0	3,7	2,7	4,0	3,4	12,1	8,8
Интенсивности	0,012	0,015	0,013	0,014	0,016	0,015	0,013	0,017	0,014	15,4	–
Продуктивности	0,76	0,79	0,77	0,78	0,80	0,79	0,73	0,78	0,76	2,6	3,9

Примечание. * – $HCP_{05} = 0,20 \text{ т/га}$.

Наибольшее преимущество над родителями отмечено по индексам, обусловленным линейными размерами растения: мексиканским, канадским, полтавским, линейной плотности колоса, а также связанным с аттрагирующей способностью: аттракции, микрораспределения, потенциальной продуктивности. Экстра совместила в себе высокие показатели шести селекционных индексов от сорта Омская 35.

Привлечение в гибридизацию родителей, различающихся по величинам селекционных

индексов, позволило создать сорт Ница, у которого совместились высокие показатели четырех от Екатерины и шести от Красноуфимской 100 (табл. 2). Наибольшее превышение над родителями отмечено по индексам полтавскому, микрораспределения, налива зерна, аттракции, интенсивности и по мексиканскому над сортом Екатерина. В результате Ница сформировала урожай зерна выше Екатерины на 0,52 т/га (19,2 %) и Красноуфимской 100 на 0,40 т/га (14,2 %).

Таблица 2. Урожайность и селекционные индексы сорта Ница и его родителей (2020–2021 гг.)
Table 2. Productivity and breeding indices of the variety 'Nitsa' and its parents (2020–2021)

Показатель	Екатерина (мать)	Ница	Красноуфимская 100 (отец)	Превышение над родителями, %	
				Екатерина	Красноуфимская 100
Урожайность, т/га	2,70*	3,22	2,82	17,5	14,2
Индексы					
Мексиканский	0,017	0,023	0,023	35,3	0,0
Канадский	0,159	0,169	0,144	6,3	17,4
Полтавский	0,041	0,071	0,050	73,2	42,0
Аттракции	1,22	1,52	1,25	24,5	21,6
Налива зерна	38,4	52,0	34,8	35,4	49,4
Микрораспределение	3,6	5,7	2,9	58,3	96,6
Линейной плотности колоса	4,0	4,3	3,8	7,5	13,2
Продуктивности колоса	0,75	0,80	0,78	6,7	2,6
Интенсивности	0,014	0,18	0,016	28,6	12,5
Потенциальной продуктивности колоса	24,8	25,7	25,3	3,6	0,2

Примечание. * – $HCP_{05} = 0,19 \text{ т/га}$.

В ходе проведенных нами исследований у изучаемых сортов было выявлено близкое к единице соотношение между величинами индексов канадского, продуктивности, потенциальной продуктивности колоса, микрораспределения, линейной плотности колоса в сравнении за различные по влагообеспечен-

ности годы (табл. 3). Это свидетельствует о надежности отбора высокопродуктивного селекционного материала по этим индексам.

Отмеченное более высокое соотношение по другим индексам, и особенно по мексиканскому, свидетельствует о существенном влиянии внешней среды, в частности, вы-

павших осадков за вегетационный период. У сортов Экстра и Ница средние величины соотношений по всем индексам близки к единице (1,02–1,05), более постоянны, чем у их родителей (1,10–1,27).

Таблица 3. Соотношение между величинами селекционных индексов в засушливый 2021 г. и влагообеспеченный 2020 г.
Table 3. Correlation between the values of breeding indices in the arid year of 2021 and in the moisture-provided year of 2020

Индекс	Ирень	Экстра	Екатерина	Ница	Омская 35	Красноуфимская 100	Среднее по сортам
Мексиканский	1,61	1,34	1,63	1,14	1,75	1,34	1,47
Канадский	0,92	0,90	0,94	0,97	0,99	1,08	0,97
Полтавский	1,22	1,11	1,68	0,71	1,32	1,23	1,22
Аттракции	1,33	0,94	1,22	1,22	1,40	1,34	1,24
Налива зерна	1,22	1,24	1,22	1,24	1,40	1,02	1,22
Микрораспределения	0,60	0,93	0,94	1,06	1,23	0,80	0,93
Интенсивности	1,23	1,21	1,40	1,00	1,50	1,40	1,29
Продуктивности	0,94	0,98	0,96	1,00	0,99	0,97	0,97
Потенциальной продуктивности колоса	0,97	0,92	0,99	0,93	1,14	1,21	1,04
Линейной плотности колоса	0,92	0,90	0,95	0,91	0,98	1,11	0,96
Среднее по индексам	1,10	1,05	1,19	1,02	1,27	1,15	

Установлена высокая положительная корреляция урожая зерна с индексами мексиканским ($r = 0,864$) и аттракции ($r = 0,761$), средняя положительная – с индексами интенсивности ($r = 0,601$), потенциальной продуктивностью колоса ($r = 0,507$), налива зерна ($r = 0,333$) (табл. 4).

Таблица 4. Взаимосвязь урожайности зерна с селекционными индексами (2019–2021 гг.)
Table 4. Correlation between grain productivity and breeding indices (2019–2021)

Показатель	Мексиканский	Аттракции	Интенсивности	Потенциальной продуктивности колоса	Налива зерна
Коэффициент корреляции	0,864	0,761	0,601	0,507	0,333
Ошибка коэффициента корреляции	0,109	0,151	0,191	0,216	0,231
Критерий существенности	7,927	5,040	3,146	2,347	1,442
Коэффициент детерминации	0,746	0,579	0,361	0,257	0,111

Таким образом, проведенные исследования являются одним из этапов алгоритма селекции на продуктивность с использованием селекционных индексов. На основании ранее полученных данных был проведен отбор родителей, имеющих плюсовые вклады индексов в урожайность, осуществлены скрещивания, получены сорта Экстра и Ница, совместившие эти вклады, переданные от своих родителей.

Выводы. В результате проведенных исследований показано, что привлечение родителей с высокими величинами селекционных индексов способствовало созданию новых сортов

яровой пшеницы Экстра и Ница с более высокой урожайностью и лучшими показателями по мексиканскому, канадскому, полтавскому, аттракции, интенсивности, микрораспределения индексам по сравнению с родительскими сортами.

Установлена сильноположительная связь урожайности зерна с индексами мексиканским ($r = 0,864$) и аттракции ($r = 0,761$), средняя положительная – с индексами интенсивности ($r = 0,601$), потенциальной продуктивности колоса ($r = 0,507$), налива зерна ($r = 0,333$).

Библиографические ссылки

- Вертий Н.С., Титаренко А.В., Титаренко Л.П., Козлов А.А. Селекционные индексы в оценке ячменно-пшеничных гибридов // Нива Поволжья. 2016. № 2 (39). С. 9–15.
- Воробьев В.А., Воробьев А.В. Роль селекционных индексов в оценке продуктивности яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 9. С. 37–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10909.
- Воробьев В.А., Драгавцев В.А., Кардашина В.Е. Сохранение, пополнение, изучение генетических коллекций и выделение новых источников и доноров генетико-физиологических систем, повышающих продуктивность и урожай растений // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 11. С. 51–56. DOI: 10.32651/1911-51.
- Драгавцев В.А., Макарова Г.А., Кочеткова А.А., Мирская Г.В., Синявина Н.Г. Новые подходы к экспрессной оценке генотипической (адаптивной) дисперсии свойств продуктивности растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 2. С. 427–436.
- Зезин Н.Н., Воробьев В.А., Воробьев А.В., Безгодов А.В., Николаева З.Р. Яровая мягкая пшеница Экстра // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6 (72). С. 64–70. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-64-70.

6. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. Санкт-Петербург: Изд. «Дон Боско», 2008. 87 с.
7. Новохатин В.В., Драгавцев В.А., Леонова Т.А., Шеломенцева Т.В. Создание сорта мягкой яровой пшеницы Гренада с помощью инновационных технологий селекции на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 5. С. 905–918. DOI: 10.15389/агробиология.2019.5.905rus
8. Плиско Л.Г., Пакуль В.Н. Оценка селекционных линий яровой мягкой пшеницы по селекционным индексам // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12 (66). Ч. 3. С. 127–130. DOI: 10.23670 / IRJ.2017.66.094.
9. Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Костромичева В.А. Определение продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных индексов // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3 (39). С. 91–96. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-91-96
10. Шумный В.К., Салина Е.А. Улучшение пшеницы – актуальная задача генетиков и селекционеров // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 1. С. 8–9.

References

1. Vertii N.S., Titarenko A.V., Titarenko L.P., Kozlov A.A. Seleksionnye indeksy v otsenke yachmenno-pshenichnykh gibridov [Breeding indices in the estimation of barley-wheat hybrids] // Niva Povolzh'ya. 2016. № 2 (39). S. 9–15.
2. Vorob'ev V. A., Vorob'ev A.V. Rol' seleksionnykh indeksov v otsenke produktivnosti yarovoi pshenitsy [The role of breeding indices in estimating spring wheat productivity] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32, № 9. S. 37-39. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10909.
3. Vorob'ev V. A., Dragavtsev V.A., Kardashina V.E. Sokhranenie, popolnenie, izuchenie geneticheskikh kolleksii i vydelenie novykh istochnikov i donorov genetiko-fiziologicheskikh sistem, povyshayushchikh produktivnost' i urozhai rastenii [Preservation, replenishment, study of genetic collections and identification of new sources and donors of genetic and physiological systems that improve plant productivity and yields] // Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii. 2019. № 11. S. 51–56. DOI: 10.32651/1911-51.
4. Dragavtsev V.A., Makarova G.A., Kochetkova A.A., Mirskaya G.V., Sinyavina N.G. Novye podkhody k ekspressnoi otsenke genotipicheskoi (adaptivnoi) dispersii svoistv produktivnosti rastenii [New approaches to rapid estimation of genotypic (adaptive) dispersion of plant productivity properties] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2012. T. 16. № 2. S. 427–436.
5. Zezin N.N., Vorob'ev V.A., Vorob'ev A.V., Bezgodov A.V., Nikolaeva Z.R. Yarovaya myagkaya pshenitsa Ekstra [The spring bread wheat variety 'Ekstra'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 6 (72). S. 64–70. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-64-70.
6. Kocherina N.V., Dragavtsev V.A. Vvedenie v teoriyu ekologo-geneticheskoi organizatsii poligennykh priznakov rastenii i teoriyu seleksionnykh indeksov [Introduction to the theory of ecological and genetic organization of plant polygenic traits and the theory of breeding indices]. Sankt-Peterburg: Izd. «Don Bosko», 2008. 87 s.
7. Novokhatin V.V., Dragavtsev V.A., Leonova T.A., Shelomentseva T.V. Sozdanie sorta myagkoi yarovoi pshenitsy Grenada s pomoshch'yu innovatsionnykh tekhnologii seleksii na osnove teorii ekologo – geneticheskoi organizatsii kolichestvennykh priznakov [Development of the spring bread wheat variety 'Grenada' using innovative breeding technologies based on the theory of ecological and genetic organization of quantitative traits] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019. T. 54, № 5. S. 905–918. DOI: 10.15389/агробиология.2019.5.905rus.
8. Plisko L. G., Pakul' V.N. Otsenka seleksionnykh linii yarovoi myagkoi pshenitsy po seleksionnym indeksam [Estimation of the breeding lines of spring bread wheat according to breeding indices] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2017. № 12 (66). Ch. 3. S. 127–130. DOI: 10.23670 / IRJ.2017.66.094.
9. Stepanova N.A., Sidorenko V. S., Starikova Zh.V., Kostromicheva V.A. Opredelenie produktivnosti yarovoi myagkoi pshenitsy na osnove seleksionnykh indeksov [Determination of the spring bread wheat productivity according to breeding indices] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 3 (39). S. 91–96. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-91-96
10. Shumnyi V.K., Salina E.A. Uluchshenie pshenitsy – aktual'naya zadacha genetikov i seleksionerov [Wheat improvement is an urgent task for geneticists and breeders] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2012. T. 16, № 1. S. 8–9.

Поступила: 11.10.22; доработана после рецензирования: 05.12.22; принята к публикации: 05.12.22.

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

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Зезин Н.Н. – концептуализация исследований; Воробьев В.А. – анализ данных и их интерпретация; Воробьев А.В., Николаева З.Р. – выполнение полевых и лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.15:631.5

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-64-69

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДА КУКУРУЗЫ ЗЕРНОГРАДСКИЙ 354 МВ

С. А. Васильченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

Г. В. Метлина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В статье приведены результаты изучения применения гербицидов МайсТер Пауэр, МД; Римус, ВДГ; Дианат, ВР; Секатор Турбо, МД как элементов технологии возделывания кукурузы в южной зоне Ростовской области. Полевые опыты были проведены в 2019–2021 годах. Объектом исследований является гибрид кукурузы Зерноградский 354МВ (внесенный в государственный реестр селекционных достижений по 6 (Северо-Кавказскому) региону в 2010 году). Цель исследований: экономическая и агрономическая оценка применения гербицидов МайсТер Пауэр, МД; Римус, ВДГ; Дианат, ВР; Секатор Турбо, МД в южной зоне Ростовской области при возделывании кукурузы на зерно. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжело-суглинистый на лессовидных суглинках. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,36 %, pH – 7,0, P_2O_5 – 24,4; K_2O – 360 мг/кг почвы. Гидротермический коэффициент в период вегетации кукурузы составлял следующие значения: 2019 г. – 0,62, 2020 г. – 0,70, 2021 г. – 0,86. Таким образом, в годы исследований условия увлажнения были засушливые. В результате проведенных исследований выявлено, что применение гербицидов МайсТер Пауэр, МД; Римус, ВДГ; Дианат, ВР; Секатор Турбо, МД положительно отразилось на фитосанитарной обстановке посева кукурузы. Снижение засоренности составляло 95,3–97,1 %. Прибавка урожайности зерна от применения гербицидов были достоверной и составила 0,28–0,53 т/га, или 17,4–24,2 %, к контролю. Стоимость гербицида МайсТер Пауэр, МД (5670 руб. за гектарную норму) не способствовала его высокой окупаемости. Максимальная окупаемость отмечалась в варианте с комплексным применением гербицидов Римус, ВДГ + Дианат, ВР и составила 5,50 руб./руб. Применением гербицидов Римус, ВДГ и Секатор Турбо, МД также было экономически эффективно – с окупаемостью затрат 5,36 и 5,45 руб./руб. соответственно.

Ключевые слова: кукуруза, гербициды, урожайность, засоренность посева, экономическая эффективность.

Для цитирования: Васильченко С. А., Метлина Г. В. Эффективность гербицидной обработки на продуктивность гибрида кукурузы Зерноградский 354 МВ // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 64–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-64-69.



EFFICIENCY OF HERBICIDE TREATMENT FOR PRODUCTIVITY OF THE MAIZE HYBRID 'ZERNOGRADSKY 354 MV'

S. A. Vasilchenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of 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 row crops, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976
FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchnyy Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has presented the study results of the application of herbicides 'Meister Power MD'; 'Remus VDG'; 'Dianat, VR'; 'Sekator Turbo, MD' as elements of maize cultivation technology in the southern part of the Rostov region. Field trials were carried out in 2019–2021. The object of the study was the maize hybrid 'Zernogradsky 354MV', (included in the State List of Breeding Achievements in the 6th (North Caucasian) region in 2010). The purpose of the study was an economic and agronomic estimation of the application of herbicides 'Meister Power MD'; 'Remus VDG'; 'Dianat, VR'; 'Sekator Turbo, MD' in the southern part of the Rostov region when cultivating maize for grain. The soil of the experimental plot was ordinary calcareous heavy loamy blackearth (chernozem) on loess-like loams. The content of humus in the arable layer was 3.36 %, pH was 7.0, P_2O_5 was 24.4; K_2O was 360 mg/kg of soil. The hydrothermal coefficient during a vegetation period of maize was 0.62 in 2019; 0.70 in 2020; 0.86 in 2021. Thus, during the study years, the humidification conditions were very arid. As a result of the conducted study, it was revealed that the application of herbicides 'Meister Power MD'; 'Remus VDG'; 'Dianat, VR'; 'Sekator Turbo, MD' had a positive effect on the phytosanitary conditions of maize sowing. The weediness reduced on 95.3–97.1 %. The grain productivity increase due to the application of herbicides was significant and amounted to 0.28–0.53 t/ha or 17.4–24.2 % compared with that of the control. The cost of the herbicide 'Meister Power, MD' (5670 rubles per hectare norm) did not contribute to its high payback. The maximum payback was identified in the variant with the complex application of herbicides 'Remus, VDG' + 'Dianat, BP' and amounted to 5.50 rubles/rub. The application of herbicides 'Remus, VDG' and 'Sekator Turbo, MD' was also cost-effective with a payback of 5.36 and 5.45 rubles/rub., respectively.

Keywords: maize, herbicides, productivity, weediness, economic efficiency.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались, что позволяет объективно оценить полученные результаты. В период исследований в 2019 г. отмечалось превышение среднемесячной нормы на $0,6^{\circ}\text{C}$ (рис. 1).

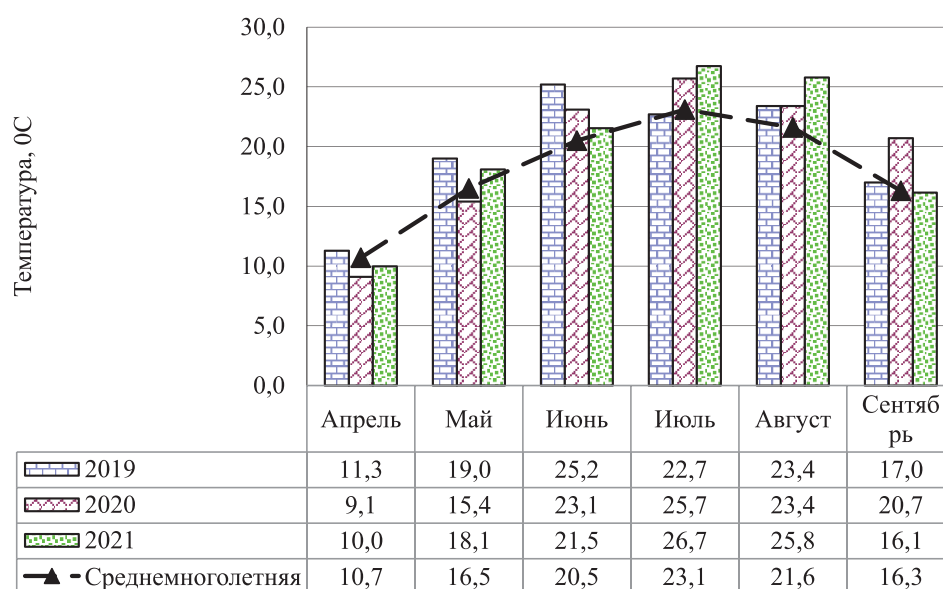


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха в годы исследований (по данным метеостанции «Зерноград»)
Fig. 1. Average daily air temperature during the study years (according to the “Zernograd” meteorological station)

В мае 2019 и 2021 гг. отмечалось превышение среднегодовой нормы на 2,5 и 1,6 °C соответственно.

В июне отмечалось превышение во все годы исследований: в 2019 г. – на 4,7 °C, в 2020 г. – на 2,6 °C, в 2021 г. – на 1,0 °C.

В июле отмечалось превышение температуры воздуха к среднегодовой норме на 2,6 и 3,6 °C в 2020 и 2021 гг. соответственно.

В августе отмечалось превышение температуры воздуха к среднегодовой норме:

в 2019 г. – на 1,8 °C, в 2020 г. – на 1,8 °C, в 2021 г. – на 4,2 °C.

В сентябре отмечалось превышение среднегодовой нормы на 0,7 °C в 2019 г., на 4,4 °C в 2020 году.

Атмосферные осадки в годы исследований выпадали неравномерно, превышение к среднегодовой норме отмечалось только в мае, в остальные месяцы отмечался как недостаток осадков, так и их превышение (рис. 2).

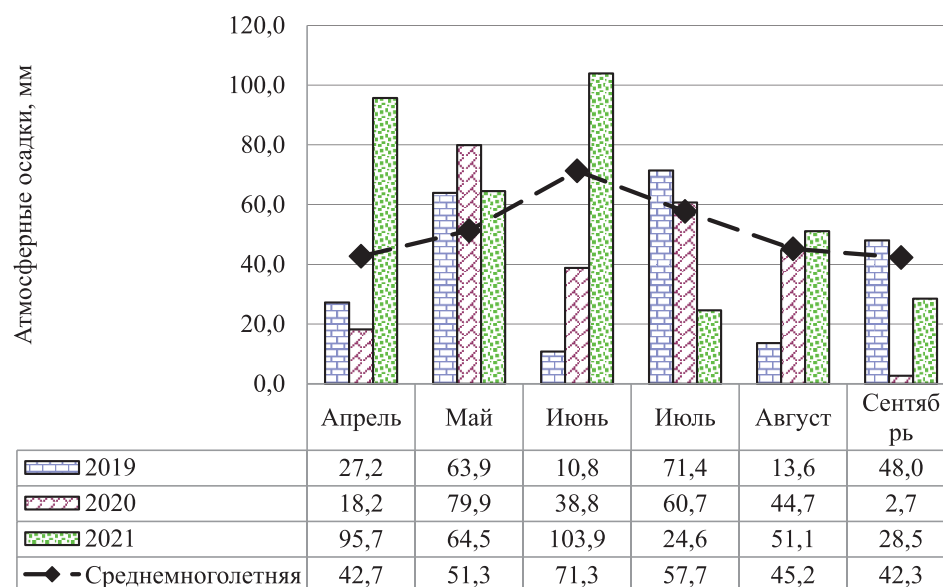


Рис. 2. Атмосферные осадки в годы исследований (по данным метеостанции «Зерноград»)
Fig. 2. Atmospheric precipitation during the study years (according to the “Zernograd” meteorological station)

Гидротермический коэффициент в период вегетации кукурузы составлял: 2019 г. – 0,62, 2020 г. – 0,70, 2021 г. – 0,86. Таким образом, в годы исследований условия увлажнения были засушливые.

Результаты и их обсуждение. До внесения гербицидов степень засоренности опытных делянок была высокой. Сорные растения находились на ранних стадиях развития. Общая численность сорняков достигала 85 шт./м², в том

числе двудольных насчитывалось 69 шт./м², однодольных – 16 шт./м².

Класс Двудольные представляли амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), лебеда раскидистая (*Atriplex patula*), марь белая (*Chenopodium album*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*).

Сорный компонент класса Однодольные был представлен кукурузным просом (*Echinochloa crus-galli*), щетинником сизым (*Setaria glauca*) и зеленым (*Setaria viridis*).

Исследования показали, что из всех биологических групп сорняков отмечена тенденция увеличения численности в ценозе однолетних

яровых двудольных: виды мари, дурнишника обыкновенного, лебеда раскидистой, щирицы запрокинутой, из однодольных – просо куриное и щетинник сизый.

Мягкие условия перезимовки способствовали увеличению и повышению уровня вредности зимующих сорняков (бодяка полевого, вьюнка полевого, осота полевого).

В таблице 1 приведен перечень самых вредоносных для кукурузы сорняков. Из наиболее злостных отмечено три двудольных многолетних вида (корнеотпрысковые), из однолетних двудольных – три вида (марь белая, щирица запрокинутая, амброзия полыннолистная), против которых и направлены исследования по подбору гербицидов.

Таблица 1. Биологическая группа и ботанический класс различных видов сорняков в посевах кукурузы, количество и масса сорняков перед обработкой, 2019–2021 годы
Table 1. Biological group and botanical class of various types of weeds in maize sowings, number and weight of weeds before tillage, 2019–2021

Виды сорняков	Биологическая группа и биологический класс сорняков	Количество сорняков перед обработкой гербицидами, шт./м ²	Масса сорняков перед обработкой гербицидами, г/м ²
Двудольные – 69 шт./м ² (285 г/м ²)			
Амброзия полыннолистная (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	Однолетний двудольный	12	50
Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i>)	Многолетний двудольный	8	35
Осот полевой (<i>Sonchus arvensis</i>)	Многолетний двудольный	2	20
Вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis</i>)	Многолетний двудольный	7	40
Лебеда раскидистая (<i>Atriplex patula</i>)	Однолетний двудольный	8	25
Щирица запрокинутая (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	Однолетний двудольный	20	65
Марь белая (<i>Chenopodium album</i>)	Однолетний двудольный	10	35
Дурнишник обыкновенный (<i>Xanthium strumarium</i>)	Однолетний двудольный	2	15
Однодольные – 16 шт./м ² (44 г/м ²)			
Просо куриное (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	Однолетний однодольный	3	10
Щетинник зеленый (<i>Setaria viridis</i>)	Однолетний однодольный	7	18
Щетинник сизый (<i>Setaria glauca</i>)	Однолетний однодольный	6	16
Всего		85	329

В посевах кукурузы присутствовало 11 видов сорняков трех различных биологических групп, которые отличались по физиологическим свойствам и пластичности приспособления к условиям произрастания. Биологические группы сорняков формировали различную биомассу. К фазе развития растений 5–6 листьев кукурузы масса сорняков в среднем составляла 329 г/м².

При таком видовом разнообразии биологических групп и количестве сорняков необходимо использовать смеси гербицидов, содержащих в своем составе 2 или более действующих вещества, различающихся механизмами действия и селективностью, совместно с которыми необходимо включать адьюванты (прилипатели).

Гербицид Римус, ВДГ в качестве действующих веществ содержит производные сульфонилмочевины и отличается длительным пе-

риодом детоксикации, то есть значительным отрицательным остаточным последствием на последующие чувствительные культуры севооборота, поэтому в схему опыта включили вариант совместного применения с гербицидом, действующим веществом которого является Дикамба.

Проведенный через 30 дней после внесения гербицидов учет сырой массы выявил снижение численности и массы сорняков на вариантах обработки (рис. 3).

Как показали исследования, варианты с применением баковой смеси Римус, ВДГ (0,04 кг/га) + Дианат, ВР (0,2 л/га) и Секатор Турбо, МД (0,05 л/га) + Римус, ВДГ (0,05 л/га) эффективно уменьшали накопления общей биологической массы сорного ценоза. Посевы кукурузы были очищены практически от всех видов сорных растений, что положительно повлияло на уровень урожайности (табл. 2).

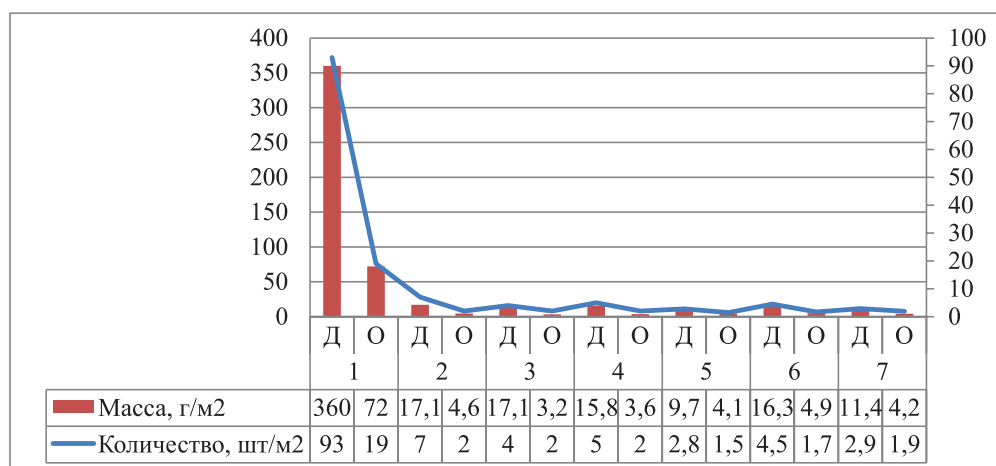


Рис. 3. Численность и масса сорных растений в посеве гибрида кукурузы Зерноградский 354МВ через 30 дней после внесения гербицида, 2019–2021 годы

Fig. 3. Number and weight of weeds in the sowing of the maize hybrid 'Zernogradsky 354MV' in 30 days after herbicide application, 2019–2021

Примечание. Д – двудольные сорняки; О – однодольные сорняки; 1 – контроль без обработки; 2 – МайсТер Пауэр, МД; 3 – Римус, ВДГ; 4 – Дианат, ВР; 5 – Римус, ВДГ + Дианат, ВР; 6 – Секатор Турбо, МД; 7 – Секатор Турбо, МД + Римус, ВДГ.

Таблица 2. Засоренность и урожайность посевов кукурузы после обработки гербицидами, 2019–2021 годы
Table 2. Weediness and maize productivity after herbicide treatment, 2019–2021

Вариант	Норма расхода препарата, кг/га	Масса сорных растений, г/м²	Снижение массы сорных растений (% к контролю)	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю,	
					т/га	%
Контроль без обработки		432	–	2,19	–	–
МайсТер Пауэр, МД	1,5 л/га	12,5	97,1	2,72	0,53	24,2
Римус, ВДГ	0,05 кг/га	20,3	95,3	2,63	0,44	20,1
Дианат, ВР	0,6 л/га	19,4	95,5	2,62	0,43	19,6
Римус, ВДГ + Дианат, ВР	0,04 кг/га + 0,2 л/га	13,8	96,8	2,69	0,50	22,8
Секатор Турбо, МД	0,05 л/га	21,2	95,1	2,57	0,38	17,4
Секатор Турбо, МД + Римус, ВДГ	0,05 + 0,05	15,6	96,4	2,71	0,52	23,7
НСР ₀₅		8,6		0,14		

Самые высокие показатели биологической эффективности получены в вариантах МайсТер Пауэр, МД, где прибавка к контролю составила 0,53 т/га. Высокие показатели хозяйственной эффективности получены в вариантах применения комплексных препаратов Римус, ВДГ + Дианат, ВР (0,52 т/га) и Секатор Турбо, МД + Римус, ВДГ (0,50 т/га), которые уменьшали накопление общей биологической массы сорного ценоза. Посевы кукурузы были очищены практически от всех видов сорных растений, что повлияло на уровень урожая зерна. В обоих вариантах применения гербицидов получена урожайность, существенно превышающая контроль, при этом достоверной разницы между самими вариантами не отмечено. Полученная прибавка зерна от использования гербицидов по вариантам опытов составляла 17,4–24,2 % к контролю.

Корреляционный анализ выявил сильную отрицательную корреляционную связь между засоренностью посевов и урожайностью ($r = -0,96 \pm 0,07$).

Как показали результаты проведенных исследований, наиболее высокий уровень биологической и хозяйственной эффективности получен в варианте МайсТер Пауэр, МД и комплексных препаратов Римус, ВДГ + Дианат, ВР и Секатор Турбо, МД + Римус, ВДГ, что подтверждает возможность их применения для успешной борьбы с двудольными и злаковыми сорняками.

Расчеты экономической эффективности применения гербицидов выявили, что наибольшая стоимость дозы гербицида была у МайсТер Пауэр, МД – 5670 руб. при норме расхода 1,5 л/га, что оказало влияние на окупаемость прибавки зерном, которая составила 1,4 руб./руб.

Наиболее эффективным вариантом можно считать варианты применения баковой смеси Римус, ВДГ + Дианат, ВР, где прибавка от гербицидов составила 0,54 т/га с окупаемостью прибавки зерном 5,50 руб./руб. (табл. 3).

Близкими по окупаемости были варианты с применением гербицидов Римус, ВДГ и Секатор Турбо, МД, где значение данного показателя составили 5,36 и 5,45 руб./руб. соответственно.

Таблица 3. Экономическая эффективность применения гербицидов, 2019–2021 годы
Table 3. Economic efficiency of herbicide application, 2019–2021

Вариант гербицидов	Норма расхода препарата, кг/га	Прибавка урожая от гербицидов, т/га	Стоимость прибавки, руб./га*	Затраты на применение гербицида, руб./га	Окупаемость прибавки зерном, руб./руб.
МайсТер Пауэр, МД	1,5 л/га	0,53	7950	5670	1,40
Римус, ВДГ	0,05 кг/га	0,34	5100	951	5,36
Дианат, ВР	0,6 л/га	0,43	6450	1457	4,43
Римус, ВДГ + Дианат, ВР	0,04 кг/га + 0,4 л/га	0,54	8100	1474	5,50
Секатор Турбо, МД	0,05 л/га	0,28	4200	770	5,45
Секатор Турбо, МД + Римус, ВДГ	0,05 + 0,05	0,38	5700	1342	4,25

Примечание. *Цена за 1 кг – 15 руб.

Выводы. Применение гербицидов МайсТер Пауэр, МД; Римус, ВДГ; Дианат, ВР; Секатор Турбо, МД положительно отразилось на фитосанитарной обстановке посева кукурузы. Снижение засоренности составляло 95,3–97,1 %. Прибавка урожайности зерна от применения гербицидов была достоверной и составила 0,28–0,53 т/га. Высокая стоимость гербицида МайсТер Пауэр,

МД не способствовала его высокой окупаемости. Максимальная окупаемость отмечалась в варианте с комплексным применением гербицидов Римус, ВДГ + Дианат, ВР, и составила 5,50 руб./руб. Применение гербицидов Римус, ВДГ и Секатор Турбо, МД также было экономически эффективно с окупаемостью затрат 5,36 и 5,45 руб./руб. соответственно.

Библиографические ссылки

1. Кукуруза: площади, сборы и урожайность в 2001–2019 гг. [Электронный ресурс] URL: <https://ab-centre.ru/news/kukuruza-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg>.
2. Костюк А. В., Алтухова Т. В. Применение гербицида Милагро для борьбы с сорняками в посевах кукурузы на зерно // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 2(237). С. 12–17.
3. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Шевченко Н. А. Продуктивность, кормовая ценность и биоэнергетическая эффективность возделывания кукурузы на зеленый корм и силос // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4(20). С. 63–69.
4. Миренков Ю. А., Пансуев А. В. Влияние совместного применения гербицидов и КАС на засоренность и урожайность кукурузы на зерно // Агрохимический вестник. 2015. № 4. С. 31–34.
5. Ушачев И. Г., Бондаренко Л. В., Чекалин В. С. Основные направления комплексного развития сельских территорий России // Вестник Российской академии наук. 2021. № 4(91). С. 316–325. DOI: 10.31857/S0869587321040113.
6. Nedeljkovic D., Knezevic S., Bozic D. and Vrbnicanin S. Critical Time for Weed Removal in Corn as Influenced by Planting Pattern and PRE Herbicides // Agriculture. 2021. Vol. 11. P. 587. DOI: 10.3390/agriculture11070587.

References

1. Kukuруза: ploschadi, sbory i urozhainost' v 2001–2019 gg. [Maize: areas, harvests and productivity in 2001–2019] [Elektronnyi resurs] URL: <https://ab-centre.ru/news/kukuruza-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg>.
2. Kostyuk A. V., Altukhova T. V. Primenenie gerbitsida Milagro dlya bor'by s sornyakami v posevakh kukuruzy na zerno [Application of herbicide 'Milagro' for weed control in grain maize crops] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2014. № 2(237). S. 12–17.
3. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S., Shevchenko N. A. Produktivnost', kormovaya tsennost' i bioenergeticheskaya effektivnost' vozdel'vaniya kukuruzy na zelenyi korm i silos [Productivity, feed value and bioenergetic efficiency of maize cultivation for green fodder and silage] // Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2019. № 4(20). S. 63–69.
4. Mirenkov Yu. A., Pansuev A. V. Vliyanie sovmestnogo primeneniya gerbitsidov i KAS na zasorennost' i urozhainost' kukuruzy na zerno [The effect of the combined use of herbicides and UAN on the infestation and yield of corn for grain] // Agrokhimicheskii vestnik. 2015. № 4. S. 31–34.
5. Ushachev I. G., Bondarenko L. V., Chekalin V. S. Osnovnye napravleniya kompleksnogo razvitiya sel'skikh territorii Rossii [The main directions of the integrated development of rural areas in Russia] // Vestnik Rossiiskoi akademii nauk. 2021. № 4(91). S. 316–325. DOI: 10.31857/S0869587321040113.
6. Nedeljkovic D., Knezevic S., Bozic D. and Vrbnicanin S. Critical Time for Weed Removal in Corn as Influenced by Planting Pattern and PRE Herbicides // Agriculture. 2021. Vol. 11. P. 587. DOI: 10.3390/agriculture11070587.

Поступила: 03.10.22; доработана после рецензирования: 10.11.22; принята к публикации: 10.11.22.

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.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОРТА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ТЕХНОЛОГИЯМИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ДОЗАМИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СТАБИЛЬНОСТЬ МЕЖГОДОВОЙ УРОЖАЙНОСТИ

А. А. Конищев, кандидат технических наук, заведующий сектором обработки почвы, aleksei.konishhev2010@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9893-6071;

И. И. Гарифуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник сектора обработки почвы, gifrom@yandex.ru ORCID ID: 0000-0003-4929-8410
Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 153506, Ивановская обл., Ивановский р-он, с. Богородское, ул. Центральная, 2, e-mail: ivniicx@rambler.ru

Для условий Нечерноземной зоны изучена возможность снижения влияния погодных условий на продуктивность яровой пшеницы за счет совершенствования технологии обработки почвы. Установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на полях Ивановского НИИСХ в период 2013–2019 гг. разница в количестве продуктивных стеблей в расчете на м² при применении вспашки или минимальной обработки оказалась недостоверной при изменении ГТК от 0,73 до 2,65, за исключением 2017 г. (ГТК = 2,19), когда весь вегетационный период наблюдалась повышенная влажность почвы. Преимущество минимальной обработки в этих условиях составило 30 %. По количеству зерен в колосе достоверное преимущество вспашки над минимальной обработкой (на 13–14 %) зафиксировано в годы с влажностью почвы в фазу выхода пшеницы в трубку более 20 % (ГТК = 2,65; 0,99). При применении экспериментальной обработки на поле формируются участки с переменной плотностью сложения в нижней части пахотного слоя, каждый из которых благоприятен для развития растений при определенной влажности почвы. Переход на экспериментальную обработку увеличивал количество продуктивных стеблей на 1–6 %. Количество зерен в колосе при применении экспериментальной обработки достоверно превышало этот показатель (на 5–18 %) при минимальной обработке во всем диапазоне увлажнения. По сравнению со вспашкой преимущество экспериментальной обработки по количеству зерен в колосе составляло 0–27 %. Влияние погодных условий на количество продуктивных стеблей составляло 74,8 %, а количество зерен в колосе – 32,4 %. Влияние минеральных удобрений на эти показатели структуры урожая составляло 1,8 и 26,2 % соответственно.

Ключевые слова: яровая пшеница, количество продуктивных стеблей, количество зерен в колосе, погодные условия, технологии обработки почвы.

Для цитирования: Конищев А. А., Гарифуллин И. И. Влияние взаимодействия сорта яровой пшеницы с технологиями обработки почвы и дозами азотных удобрений на стабильность межгодовой урожайности // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 70–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-70-76.



THE EFFECT OF CORRELATION BETWEEN A SPRING WHEAT VARIETY WITH SOIL TILLAGE TECHNOLOGIES AND DOSES OF NITROGEN FERTILIZERS ON THE INTERANNUAL YIELD STABILITY

A. A. Konitshev, Candidate of Technical Sciences, head of the tillage department, aleksei.konishhev2010@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9893-6071;

I. I. Garifullin, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the tillage department, gifrom@yandex.ru ORCID ID: 0000-0003-4929-8410
Ivanov research Agricultural Institute, branch of the FSBSI "Verkhnevolzhsky Federal Agricultural Research Center", 153506, Ivanovskaya region, Ivanovsky district, v. of Belgorodskoe, Tsentralnaya Str., 2; e-mail: ivniicx@rambler.ru

There was studied the possibility of reducing the effect of weather conditions on spring wheat productivity in the Non-Blackearth zone due to improving tillage technologies. There has been established that on soddy-podzolic light loamy soil, on the fields of the Ivanovsky Research Institute of Agriculture in the period 2013–2019, the difference in the number of productive stems per m² when using plowing or minimal tillage was not significant when the HTC changed from 0.73 to 2.65, except the year of 2017 (HTC = 2.19), when there was increased soil moisture throughout the vegetation period. The advantage of minimal tillage under these conditions was 30 %. According to number of kernels per ear, there was identified a significant advantage (more than 20 % (HTC = 2.65; 0.99)) of plowing over minimum tillage (by 13–14 %) during the years with soil moisture in the wheat booting stage. When applying experimental tillage, there have been formed areas with a variable density in the lower part of the arable layer, each of which is favorable for plant development under a certain soil moisture. The transition to experimental tillage has increased number of productive stems on 1–6 %. Number of kernels per ear when using experimental tillage significantly exceeded this indicator (by 5–18 %) under a minimum tillage in the entire range of moisture. Compared to plowing, the advantage of experimental tillage according to number of kernels per ear was 0–27 %. The effect of weather conditions on a number of productive

stems was 74.8 %, and number of kernels per ear was 32.4 %. The effect of mineral fertilizers on these parameters of the yield structure was 1.8 and 26.2 %, respectively.

Keywords: *spring wheat, number of productive stalks, number of kernels per ear, weather conditions, tillage technologies.*

Введение. Увеличение объемов производства зерна в стране является приоритетной задачей агропромышленного комплекса. Основным показателем при этом становится величина валовых сборов урожая. В то же время с повышением интенсивности производства, использованием высокопродуктивных сортов, изменениями климата увеличивается дисперсия урожайности, связанная с изменчивостью климата, которая (на примере данных Беларуси) может составлять 22–38 % для яровых и 35–81 % для озимых (Камышенко, 2013; Сачок и Камышенко, 2006). В России климатообусловленные колебания урожайности также доходят до 60 % (Сиптиц и др., 2021). По данным страховых агентств, на европейской части России повторяемость весенних засух составляет 42 %, летних – 33 %, осенних – 25 % без учета локальных явлений (URL: <https://pandia.ru/text/77/153/19375.php?ysclid=l88f3r1j8x523958396>).

Но создавая новые сорта, селекционеры решению проблемы межгодовых колебаний урожайности пока уделяют недостаточное внимание, аргументируя данную позицию невозможностью предсказания и контроля возникновения, сроков, тяжести и продолжительности условий водного стресса (Dolferus et al., 2011; Yue et al., 2006). В результате сорта интенсивного типа, демонстрируя убедительные результаты в достигнутых уровнях урожайности в благоприятных условиях, в условиях адиабатических стрессов оказываются менее эффективными по сравнению с сортами экстенсивного типа (Морозов и др., 2022; Самофалова и др., 2021; Pennacchi et al., 2019).

В ряде случаев проблему межгодовой устойчивости урожайности зерновых культур академик В.А. Драгавцев с коллегами называют «надгенетической» (Драгавцев и др., 2011). И предлагают решать ее за счет реформирования среды обитания растений, понимая при этом под средой обитания не столько воздействие погодных условий, сколько антропогенные мероприятия, связанные с организацией технологии возделывания растений.

Цель данной работы – показать, как реформирование среды обитания яровой пшеницы

путем изменения технологии обработки почвы может помочь снижению межгодовых колебаний урожайности.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на полях Ивановского НИИСХ в 2013–2019 годы. Тест-культурой была яровая пшеница сорта Сударыня. Применяли зернотравяной севооборот: чистый пар – пшеница – пшеница – овес, с подсевом клевера – клевер – пшеница. Представленные данные получены по предшественникам: чистый пар, вторая культура после пара.

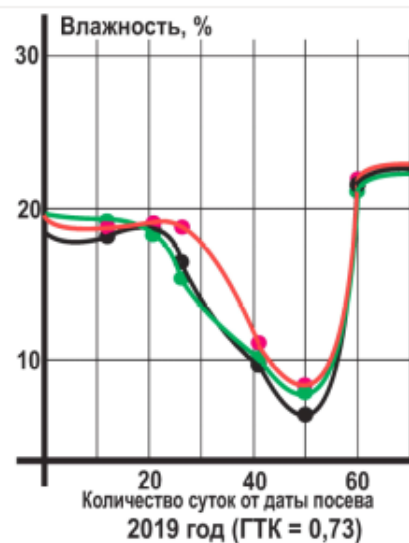
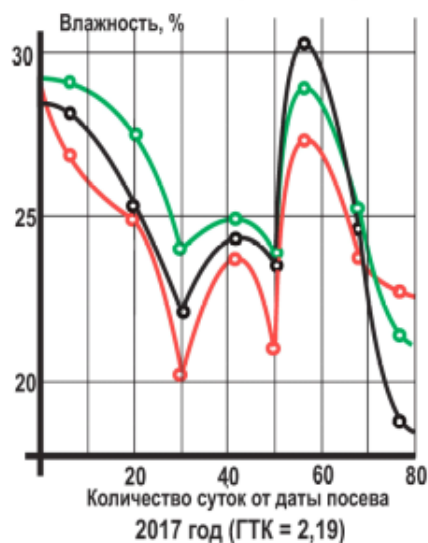
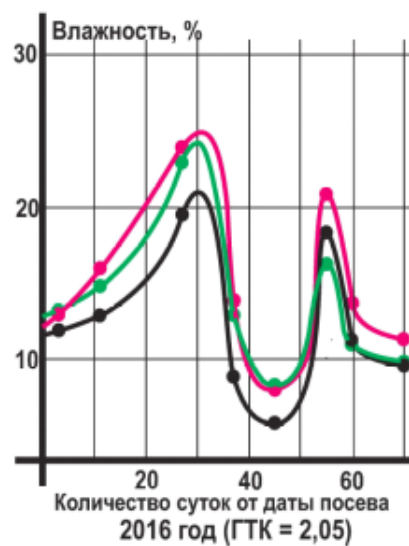
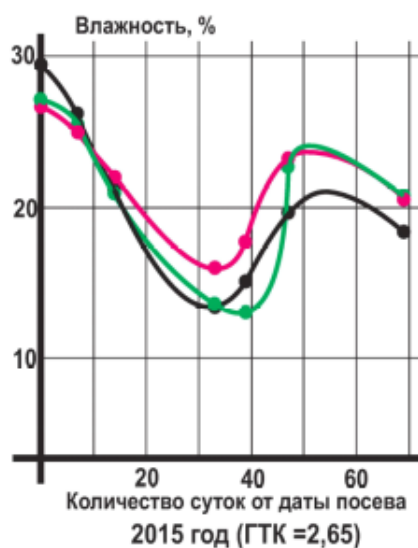
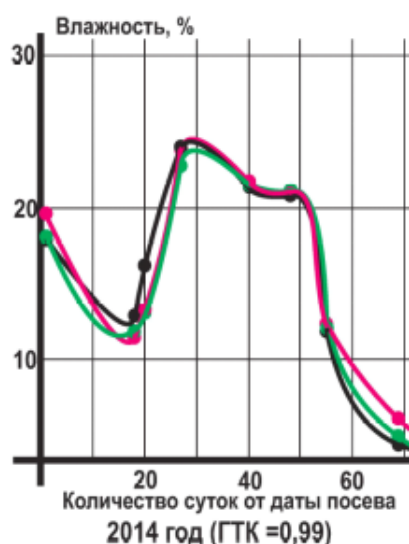
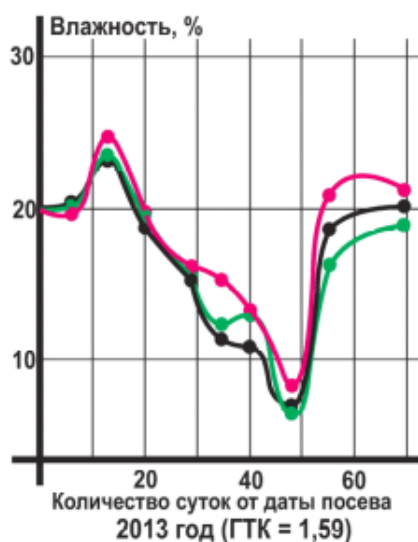
В качестве среды обитания растений рассматривалось сочетание погодных условий, количество вносимых удобрений и технологий обработки почвы – традиционной на базе вспашки (контроль), минимальной обработки на 8–10 см и экспериментальной обработки. Экспериментальная обработка представляла собой операцию, выполняемую агрегатом, в состав которого входили рабочие органы для полосного глубокого (на 20–25 см) рыхления почвы, мелкой обработки на 5–6 см, совмещенных с посевом. В результате на поле образовывались участки с плотностью, благоприятной при выпадении различного количества осадков. Осенью почву на данном варианте обрабатывали на 8–10 см.

Применяли дозы азотных удобрений от 0 до 120 кг д.в./га по фону фосфорных и калийных удобрений. Удобрения вносили под предпосевную обработку.

Для характеристики погодных условий вегетационных периодов использовали гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова. Гербициды применялись общим фоном.

Структурный анализ снопов проводили в период уборки в фазу полной спелости пшеницы в четырехкратной повторности с площадью размером 1 м².

Для установления взаимосвязи гидротермических условий за годы исследований с технологиями обработки почвы определялась динамика влажности почвы в различные годы исследований (рис.).



Динамика влажности почвы (слой 0–29 см) в годы с различным режимом выпадения осадков
Dynamics of soil moisture (layer 0–29cm) in years with different amounts of precipitation

Примечание. Условные обозначения (обработка): — вспашка; — минимальная обработка; — экспериментальная обработка.

Установлено, что в рассматриваемый период при среднестатистическом гидротермическом коэффициенте (ГТК) для региона 1,4 реальная величина ГТК изменялась от 1,07

до 4,0. При этом явления как недостаточного, так и избыточного увлажнения почвы наблюдались в разные периоды вегетации, а равномерное увлажнение за весь период вегетации не зафиксировано ни разу.

Результаты и их обсуждение. В ответ на наблюдаемый режим увлажнения яровая пшеница отзывалась колебанием величины урожайности по годам, вызванным изменением продуктивной кустистости, количеством зерен в колосе и массы 1000 зерен.

Например, при недостатке влаги в фазу кущения в 2019 г. (ГТК = 0,73 за первые 40 суток от даты посева) зафиксировано самое низкое за годы наблюдений количество продуктивных стеблей при уборке – 394–361 шт./м² (табл. 1). А самое большое количество продуктивных стеблей – 657–698 шт./м² – получено

при ГТК = 0,99. Причем существенным оказался тренд влажности почвы. Так, при относительно стабильной влажности почвы в первые 25–30 суток после посева количество продуктивных стеблей было минимальным (2019 г.), а при тренде влажности почвы в фазу кущения пшеницы на увеличение продуктивных стеблей, фиксируется достоверно больше. Например, в 2014 г. при относительно небольшом увеличении увлажнения до ГТК = 0,99 количество продуктивных стеблей увеличивается на 67 %. Аналогичная тенденция сохранялась и в 2016 г. при более продолжительной майской засухе (по сравнению с 2019 г.). При росте увлажнения почвы в фазу кущения пшеницы количество продуктивных стеблей оказалось больше по сравнению с годом начального равномерного увлажнения на 29 %.

Таблица 1. Влияние обработки почвы и гидротермических условий вегетационных периодов на количество продуктивных стеблей при уборке яровой пшеницы

Table 1. The effect of tillage and hydrothermal conditions of the vegetation period on a number of productive stems when harvesting spring wheat

ГТК (год)	Обработка почвы		
	Вспашка	Минимальная	Экспериментальная
	Продуктивные стебли, шт./м ²		
0,73 (2019)	393,8	379,0	361,2
0,99 (2014)	656,8	657,2	698,2
1,59 (2013)	501,2	487,6	511,4
2,05 (2016)	445,6	450,0	456,6
2,19 (2017)	440,0	573,6	484,2
2,65 (2015)	607,6	605,6	612,2
средняя	488,2	525,5	520,6

Примечание. HCP_{05} (по обработке) = 31,2 шт./м²; HCP_{05} (по ГТК) = 32,1 шт./м².

При посеве в 2017 г. в почву при влажности, близкой к полевой влагоемкости (см. рис.) и последующем тридцатидневном понижении влажности почвы на количестве продуктивных стеблей сказалась технология обработки почвы. При применении минимальной обработки продуктивное кущение было выше, чем в самый засушливый год, на 50 %, а по экспериментальной обработке увеличение количества продуктивных стеблей составило 123 шт./м² (+34 %) и незначительное по вспашке – на 46 шт./м² (при HCP_{05} = 31,2 шт./м²) (см. табл. 1).

В 2015 г. (ГТК = 2,65) при значительно более высокой влажности по сравнению с 2014 г., но также снижающейся влажности почвы в период «посев – кущение», количество продуктивных стеблей оказалось меньше, чем в 2014 г. (ГТК = 0,73) (см. рис., табл. 1).

В целом, если сравнивать между собой вспашку и минимальную обработку почвы, по количеству продуктивных стеблей достоверное преимущество имела минимальная обработка при ГТК = 2,19, а во все остальные годы разница между этими обработками не достоверная.

При выполнении экспериментальной обработки на поле (в корнеобитаемом слое) форми-

руются наборы микроучастков, каждый из которых обеспечивает благоприятные условия для развития растений при одном из возможных режимов увлажнения (недостаточном, нормальном или избыточном), и благодаря этому происходит сглаживание влияния текущих погодных условий на развитие растений (Конищев, 2012; Конищев, 2020).

Применение экспериментальной обработки обеспечивало в большинстве случаев, по сравнению со вспашкой, равное или небольшое увеличение количества продуктивных стеблей – на 1–6 %. По сравнению с минимальной обработкой экспериментальная имела преимущество при ГТК = 0,99 и уступала минимальной обработке в 2017 г., а в остальные годы обе обработки оказались равноценными.

При сравнении влияния обработок на количество зерен в колосе установлено, что между вспашкой и минимальной обработкой достоверная разница наблюдалась в двух годах из шести – 2014 и 2015-м (табл. 2). Преимущество вспашки в эти годы составляло 13–14 % (ГТК = 0,99; 2,65). В остальные годы эти обработки равноценны.

Экспериментальная обработка по сравнению со вспашкой обеспечивала достовер-

но более высокое количество зерен в колосе три года из шести (ГТК = 0,73; 2,05; 2,19). Преимущество экспериментальной обработки в эти годы составляло 11–27 %.

По сравнению с минимальной обработкой преимущество экспериментальной обработки (6–18 %) достоверно во всем диапазоне увлажнения.

Таблица 2. Влияние обработки почвы и гидротермических условий вегетационных периодов на количество зерен в колосе и урожайность яровой пшеницы
Table 2. The effect of tillage and hydrothermal conditions of the vegetation period on number of kernels per ear and spring wheat productivity

ГТК	Обработка почвы					
	Вспашка		Минимальная		Экспериментальная	
	Количество зерен в колосе, шт.	Урожайность, т/га	Количество зерен в колосе, шт.	Урожайность, т/га	Количество зерен в колосе, шт.	Урожайность, т/га
0,73	17,84	2,37	18,62	2,45	20,10	2,40
0,99	20,53	3,09	17,93	2,73	20,00	2,93
1,59	24,90	4,16	23,49	3,85	25,06	4,31
2,05	20,59	2,02	19,25	1,91	22,84	2,09
2,19	18,18	1,83	19,60	2,51	23,12	2,63
2,65	17,49	3,20	15,41	2,51	17,25	3,11
Средняя	19,92	2,78	19,05	2,66	21,40	2,91

Примечание. HCP_{05} (по обработке) = 1,53 шт.; HCP_{05} (по ГТК) = 1,08 шт.; HCP_{05} (по урожайности) = 0,24 т/га.

В целом влияние средообразующих факторов составляло: гидротермических условий на количество продуктивных стеблей – 74,8 %, на количество зерен в колосе – 32,4 %; азотных удобрений: на количество продуктивных стеблей – 1,8 %, на количество зерен в колосе – 26,2 %. Полученные данные полностью совпадают с результатами исследований Г.В. Овсянниковой с коллегами, установившими, что урожайность пшеницы на 72 % зависит от условий года и лишь на 25,6 % от применения минеральных удобрений (Овсянникова и др., 2022).

В период налива и созревания зерна влажность почвы влияет на массу 1000 зерен, но количество влаги в почве в этот период по вариантам обработки отличается незначительно. Поэтому кардинально на урожайности (при сравнении различных технологий) это не сказывается, так как все зерна и на всех обработках в зависимости от влажности почвы в этот пери-

од будут одинаково щуплыми или полновесными. Например, при влажности почвы 20 % и более (ГТК = 1,59) масса 1000 зерен составила: вспашка – 32,6; минимальная – 32,9 и экспериментальная – 32,6 г, а при влажности менее 15 % (ГТК = 2,05): вспашка – 22,7; минимальная – 22,5; экспериментальная – 22,5 г.

Таким образом, влияние обработки почвы как средообразующего фактора распространяется на первую половину вегетации. Это компенсируется повышенным вниманием селекционеров при выведении засухоустойчивых сортов к воздушной засухе в период налива и созревания зерна, но при этом более чувствительных и сильнее страдающих от дефицита почвенной влаги в другие периоды вегетации: всходы – кущение, выход в трубку – цветение (Самофалова и др., 2021).

Средняя величина урожайности за годы исследований при различных дозах азотных удобрений представлена в таблице 3.

Таблица 3. Величина и устойчивость урожаев при различных дозах удобрений и обработке в диапазоне ГТК 0,73–2,65 (Гарифуллин, 2022)
Table 3. The amount and stability of yields under various doses of fertilizers and tillage in the HTC range of 0,73–2,65 (Garifullin, 2022)

Обработка почвы	Показатели	Доза азотных удобрений, кг дв./га				
		0	30	60	90	120
Вспашка	Урожайность, т/га	1,98	2,60	3,00	3,15	3,10
	Коэффициент вариации, %	20,27	25,69	29,43	34,41	40,77
Минимальная	Урожайность, т/га	1,88	2,47	2,85	3,02	2,93
	Коэффициент вариации, %	18,27	18,52	24,04	27,28	29,56
Экспериментальная	Урожайность, т/га	2,03	2,72	3,15	3,35	3,32
	Коэффициент вариации, %	15,20	17,70	22,89	30,42	40,49

Полученное увеличение коэффициента вариации с увеличением дозы удобрений (см. табл. 3) объясняется ростом урожайности в годы с благоприятным режимом увлажнения и одновременным снижением урожайности

в неблагоприятных условиях. То есть с увеличением дозы удобрений растет разброс величины получаемых урожаев, соответственно, растет и коэффициент вариации.

При этом в подавляющем большинстве случаев коэффициент вариации урожаев по экспериментальной обработке остается ниже, чем у сравниваемых вариантов.

Следует отметить, что экспериментальная обработка позволяет адаптировать технологию к региону применения за счет конструктивных изменений исполнительного орудия. В анализируемом варианте перед технологией ставилась задача обеспечения равной урожайности со вспашкой (особенно при повышенном увлажнении почвы, так как агрегат создавался для Нечерноземной зоны) и более высокой урожайности по сравнению с минимальной обработкой. Как показывает полученная урожайность, поставленная задача полностью реализована.

Выводы. Проведенные исследования показали, что наблюдаемые в последние годы динамичные изменения погодных условий вызывают значительные колебания влажности почвы в различные временные отрезки вегета-

ционных периодов. В свою очередь влияющие на структурные показатели урожайности яровой пшеницы. С помощью предложенной экспериментальной обработки почвы можно сгладить режим увлажнения почвы и увеличить получаемую при этом урожайность за счет лучшей аккумуляции выпадающих осадков и более рационального их расходования.

Преимущество экспериментальной обработки по количеству зерен в колосе над вспашкой достигало 27 % по сравнению с минимальной обработкой – 18 %. При этом на структурные составляющие урожайности больше влияла не средняя величина гидротермического коэффициента, а изменение тренда влажности почвы в соответствующие периоды развития растений.

Средняя урожайность при этом составляла: по вспашке – 2,78 т/га; по минимальной обработке – 2,66 т/га; по экспериментальной обработке – 2,91 т/га ($HCP_{05} = 0,24$ т/га).

Библиографические ссылки

1. Гарифуллин И. И. Обоснование и управление плотностью сложения почвы, обеспечивающее стабилизацию урожайности зерновых культур: автореф. дис. кан. с.-х. наук. Иваново, 2022. 23 с.
2. Драгавцев В. А., Макарова Г. А., Кочетов А. А и др. Некоторые задачи агрофизического обеспечения селекционных технологий для генетического повышения продуктивности и урожая растений // Агрофизика. 2011. № 1. С. 14–22.
3. Камышенко Г. А. Погодные условия Беларуси и урожайность сельскохозяйственных культур. Математико-статистический анализ. СПб.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 158 с.
4. Конищев А. А. Прошлое и будущее обработки почвы под зерновые культуры // Аграрный вестник Урала. 2020. № 03 (194). С. 21–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-21-27.
5. Конищев А. А. Способ обработки почвы. Патент № 2453091, 20.06.2012. Бюл. № 17.
6. Морозов Н. А., Самсонов И. В., Панкратова Н. А. Оценка адаптивности ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» к засушливым условиям Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 16–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21.
7. Неблагоприятные для сельского хозяйства метеорологические явления [Электронный ресурс] Pandia.ru: интернет-изд. 2009–2022. URL: <https://pandia.ru/text/77/153/19375.php?ysclid=i88f3r1j8x523958396>.
8. Овсянникова Г. В., Попов А. С., Сухарев А. А. Возможность планирования урожайности зерна озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 78–83. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-78-83.
9. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Безуглая Т. С. Основные направления и задачи селекции пшеницы твердой озимой в условиях изменения климата // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 53–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-53-61.
10. Сачок Г. И. Камышенко Г. А. Факторы и модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси. Минск: Бел. Наука, 2006. 243 с.
11. Сиптиц С. О., Романенко И. А., Евдокимова Н. Е. Модельные оценки влияния климата на урожайность зерновых и зернобобовых культур в регионах России // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2(185). С. 75–86. DOI: 10.47711/0868-6351-185-75-86.
12. Dolferus R., Ji X., Richards R. A. Abiotic stress and control of grain number in cereals // Plant Science. 2011. Vol. 181(4). P. 331–341. DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.05.015.
13. Pennacchi J. P., Carmo-Silva E., Andralojc P. J., Lawson T., Allen A. M., Raines C. A., Parry M. A. J. Stability of wheat grain yields over three field seasons in the UK // Food Energy Secur. 2019. Vol. 8(2). P. e00147. DOI: 10.1002/fes3.147.
14. Yue B., Xue W. J., Xiong L. Z., Yu X. Q., Luo L. J., Cui K. H., Jin D. M., Xing Y. Z., Zhang Q. F. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance // Genetics. 2006. Vol. 172(2). P. 1215–1228.

References

1. Garifullin I. I. Obosnovanie i upravlenie plotnost'yu slozheniya pochvy obespechivayushchee stabilizatsiyu urozhainosti zernovykh kul'tur [Substantiation and management of soil density, which ensures the stabilization of grain crop yields]: avtoref. dis. kan. s.-kh. nauk. Ivanovo, 2022. 23c.
2. Dragavtsev V. A., Makarova G. A., Kochetov A. A i dr. Nekotorye zadachi agrofizicheskogo obespecheniya selektsionnykh tekhnologii dlya geneticheskogo povysheniya produktivnosti i urozhaya rastenii [Some tasks of agrophysical support of breeding technologies for genetic increase in productivity and plant yield] // Agrofizika. 2011. № 1. S. 14–22.

3. Kamysenko G.A. Pogodnye usloviya Belarusi i urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Weather conditions in Belarus and productivity of grain crops. Mathematical and statistical analysis]. Matematiko-statisticheskii analiz. SPb.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 158 s.
4. Konishchev A.A. Proshloe i budushchee obrabotki pochvy pod zernovye kul'tury [Past and future of tillage for grain crops] // Agrarnyi vestnik Urala. 2020. № 03 (194). С. 21–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-21-27.
5. Konishchev A.A. Sposob obrabotki pochvy [Tillage method]. Patent № 2453091, 20.06.2012. Byul. № 17.
6. Morozov N.A., Samsonov I.V., Pankratova N.A. Otsenka adaptivnosti yarovogo yachmenya po priznaku «massa 1000 zeren» k zasushlivym usloviyam Stavropol'skogo kraia [Estimation of the spring barley adaptability to the arid conditions of the Stavropol Territory according to the trait '1000-grain weight'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Т. 14, № 4. С. 16–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21.
7. Neblagopriyatnye dlya sel'skogo khozyaistva meteorologicheskie yavleniya [Unfavorable weather conditions for agriculture] [Elektronnyi resurs] Pandia.ru: internet-izd. 2009–2022. URL: <https://pandia.ru/text/77/153/19375.php?ysclid=l88f3r1j8x523958396>.
8. Ovsyannikova G.V., Popov A.S., Sukharev A.A. Vozmozhnost' planirovaniya urozhainosti zerna ozimoi pshenitsy v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [The possibility of winter wheat productivity planning in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Т. 14, № 4. С. 78–83. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-78-83.
9. Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Bezuglaya T.S. Osnovnye napravleniya i zadachi selektsii pshenitsy tverdoi ozimoi v usloviyakh izmeneniya klimata [Main directions and tasks of winter durum wheat breeding in the conditions of climate change] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 6(78). С. 53–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-53-61.
10. Sachok G.I., Kamysenko G.A. Faktory i modeli izmenchivosti urozhainosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur Belarusi [Factors and models of crop productivity variability in Belarus]. Minsk: Bel. Nauka, 2006. 243 s.
11. Siptits S.O., Romanenko I.A., Evdokimova N.E. Model'nye otsenki vliyaniya klimata na urozhainost' zernovykh i zernobovovykh kul'tur v regionakh Rossii [Model estimates of the climate impact on productivity of grain and leguminous crops in the regions of Russia] // Problemy prognozirovaniya. 2021. № 2(185). С. 75–86. DOI: 10.47711/0868-6351-185-75-86.
12. Dolferus R., Ji X., Richards R.A. Abiotic stress and control of grain number in cereals // Plant Science. 2011. Vol. 181(4). P. 331–341. DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.05.015.
13. Pennacchi J.P., Carmo-Silva E., Andralojc P.J., Lawson T., Allen A.M., Raines C.A., Parry M.A.J. Stability of wheat grain yields over three field seasons in the UK // Food Energy Secur. 2019. Vol. 8(2). P. e00147. DOI: 10.1002/fes3.147.
14. Yue B., Xue W.J., Xiong L.Z., Yu X.Q., Luo L.J., Cui K.H., Jin D.M., Xing Y.Z., Zhang Q.F. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance // Genetics. 2006. Vol. 172(2). P. 1215–1228.

Поступила: 05.10.22; доработана после рецензирования: 31.10.22; принята к публикации: 31.10.22.

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. Конищев А.А. – концептуализация исследования; Конищев А.А., Гарифуллин И.И. – подготовка опыта; выполнение полевых опытов и сбор данных; Гарифуллин И.И. – анализ данных и их интерпретация; Конищев А.А. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ В БОРЬБЕ С СОРНЯКАМИ НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

Х. Ш. Тарчоков, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания полевых культур, ORCID ID: 0000-0002-6187-7354;

А. И. Сарбашева, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и биологических исследований, заведующий лабораторией, ORCID ID: 0000-0003-4708-1293;

О. Х. Матаева, младший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания полевых культур, ORCID ID: 0000-0003-3590-5734

Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», 360004, КБР, г. Нальчик, ул. Кирова, 224; e-mail: kbniish2007@yandex.ru

В 2018–2020 гг. изучали эффективность новых гербицидов Фенизана, ВР (водный раствор 360 + 22,2 г/л) и Аврорекса, КЭ (332 + 21 г/л) в различных дозах (0,14–0,2 и 0,5–0,6 л/га) в борьбе с сорняками на посевах озимой пшеницы нового сорта Памяти Шатилова (совместной селекции Института сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук и Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко) в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии. Цель исследований – выявить более эффективные дозы данных гербицидов при однократном внесении. В качестве контроля (без гербицидов) принят агротехнический прием – боронование поперек направления посевов БЗСС-1.0 в фазе кущения культуры весной. Почва опытного участка – обыкновенный (карбонатный) чернозем тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В пахотном (0–20 см) слое содержалось: гумуса – 3,0–3,5 %; на 100 г почвы содержалось: P_2O_5 (по Мачигину) – 1,56–2,87 %; K_2O (по Мачигину) – 3,61–4,30 мг; pH – 6,8–7,0 единиц. Среднегодовое количество осадков – 360–400 мм. Установили, что на контрольном варианте общее количество сорняков снизилось на 26,3 %, а количество многолетников осталось неизменным. На вариантах с применением гербицидов засоренность посевов снизилась на 71,1–83,8 %, в том числе многолетниками на 52,6–80,7 %. Более высокий эффект был получен при дозировках Фенизана, ВР – 0,2 л/га (73,2 и 60 %) и Аврорекса, КЭ – 0,6 л/га (83,8 и 80,7 %). Ко времени уборки озимой пшеницы меньше всего сорняков было отмечено на вариантах с использованием этих гербицидов. Лучшие результаты по снижению массы сорняков получены от применения Аврорекса, КЭ в дозировках 0,5 и 0,6 г/л – 150–175 г/м² сорняков, процент их гибели составил 88,9–93,6. Показатели структуры урожая зерна и урожайность в среднем за 3 года (46,7 и 47,7 ц/га) на вариантах опыта также были в пользу Аврорекса, КЭ (0,6 г/л). Прибавка урожая в сравнении со стандартным гербицидом 2,4-Д Зерномакс, КЭ составила 17,4 %, а с контролем – 29,6 %.

Ключевые слова: пшеница, гербициды, Фенизан, ВР, Аврорекс, КЭ, структура урожая, урожайность.

Для цитирования: Тарчоков Х. Ш., Сарбашева А. И., Матаева О. Х. Эффективность гербицидов в борьбе с сорняками на посевах озимой пшеницы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 77–83. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-77-83.



HERBICIDES' EFFICIENCY IN A WEED CONTROL ON WINTER WHEAT SOWN IN THE STEPPE PART OF KABARDINO-BALKARIA

Kh. Sh. Tarchokov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technologies of field crops, ORCID ID: 0000-0002-6187-7354;

A. I. Sarbasheva, main researcher of the laboratory for agrochemistry and biological researchers, head of the laboratory, ORCID ID: 0000-0003-4708-1293;

O. Kh. Mataeva, junior researcher of the laboratory for cultivation technologies of field crops, ORCID ID: 0000-0003-3590-5734

Institute of Agriculture, branch of the FSBRI "Federal Research Center "Kabardino-Balkarsky Research Center of the Russian Academy of Sciences", 360004, KBR, Nalchik, Kirov Str., 224; e-mail: kbniish2007@yandex.ru

In 2018–2020 there was studied the efficiency of new herbicides 'Fenizan', VR (water solution 360 + 22.2 g/l) and 'Avroreks', KE (332 + 21 g/l) at various doses (0.14–0.2 and 0.5–0.6 l/y) against weeds on the sowings of a new winter wheat variety 'Pamyati Shatilova' (co-breeding of the Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkarsky Research Center of the Russian Academy of Sciences" and the National Grain Center named after P. P. Lukyanenko) in the conditions of the steppe part of Kabardino-Balkaria. The purpose of the current study was to identify more effective doses of these herbicides with a single application. As a control (without herbicides), there was adopted an agrotechnical method, namely harrowing across the direction of BZSS-1.0 crops in the tillering phase in spring. The soil of the experimental plot was an ordinary (calcareous) blackearth of heavy loamy granulometric composition. The arable (0–20 cm) layer contained 3.0–3.5 % of humus; 100 g of soil contained 1.56–2.87 % of P_2O_5 (according to Machigin); 3.61–4.30 mg of K_2O (according to Machigin); 6.8–7.0 of pH. The average annual rainfall is 360–400 mm. There was found that in the control variant, the total number of weeds decreased by 26.3 %, while the number of perennials remained unchanged. On variants with the use of herbicides, weediness of crops decreased on 71.1–83.8 %, including the increase of perennials on 52.6–80.7 %. A higher effect was obtained at 0.2 l/ha (73.2 and 60 %) of 'Phenizan', VR

and 0.6 l/ha (83.8 and 80.7 %) of 'Avroreks', KE. By the time of winter wheat harvesting, the least amount of weeds was identified on the variants using these herbicides. The best results in reducing weeds' amount were obtained from the use of 'Avroreks', KE at dosages of 0.5 and 0.6 g/l – 150–175 g/m² of weeds, the percentage of their death was 88.9–93.6. The indicators of grain yield structure and the average yield for 3 years (46.7 and 47.7 c/ha) on the experimental variants were also in favor of 'Avroreks', KE (0.6 g/l). The yield increase in comparison with the standard herbicide '2.4-D Zernomaks', KE was 17.4%, and with the control it was 29.6 %.

Keywords: wheat, herbicides, 'Phenizan', VR, 'Avroreks', KE, yield structure, productivity.

Введение. Озимая пшеница занимает одно из ведущих мест в мире среди зерновых культур. Зерно ее используют в хлебопекарной, крупяной, кондитерской и макаронной промышленности, перерабатывают на спирт, крахмал, декстрин. Хлеб из муки пшеницы по вкусу, питательности и переваримости превосходит хлебобулочные изделия из других зерновых культур.

Озимая пшеница – высокопродуктивная культура, имеющая широкое распространение и в Кабардино-Балкарии (в 2018 г. посевные площади составляли 32 % из общей посевной площади, то есть немногим более 280,0 тыс. га). Место проведения исследований достаточно обеспечено теплом, почвенными ресурсами, однако в условиях континентального климата часто создается неустойчивость в поступлении осадков.

В последние годы урожайность озимой пшеницы в республике ниже средней по стране, и это варьирование объясняется соответствующей зависимостью не только от резко меняющихся погодных условий, но и от высокой засоренности посевов. Сорняки, конкурируя с культурными растениями, снижают их урожайность и качество. Основной причиной вредоносности сорных растений является конкуренция между культурными и сорными растениями за влагу и элементы минерального питания (Pakeman et al., 2020).

Наибольшую опасность в получении высоких урожаев зерна пшеницы представляют злостные, трудноискоренимые многолетники. Основной причиной высокой засоренности полей является как биологическая особенность сорняков, так и несоблюдение или нарушение технологии возделывания сельскохозяйственных культур (Киришин, 2022).

В настоящее время в полевом земледелии среди сельхозтоваропроизводителей в борьбе с сорняками на посевах сельскохозяйственных культур более востребованы гербициды, так как на сегодняшний день альтернативы химическому методу нет, прежде всего, из-за его высокой технической и хозяйственно-экономической эффективности (Голубев, 2020; Голубев, 2022).

В связи с этим приемы ухода за посевами озимой пшеницы должны быть направлены на создание условий, которые обеспечивают лучшую сохранность растений, формирование высокого урожая.

Поэтому изучение и определение эффективных доз новых гербицидов в борьбе с сорной растительностью на посевах перспективного сорта озимой пшеницы отечественной селекции Памяти Шатилова в условиях степной

зоны Кабардино-Балкарии является актуальным (Малкандуев и др., 2021).

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили на экспериментальных полях лаборатории технологии возделывания полевых культур ИСХ КБНЦ РАН, расположенных в НПУ-2, с.п. Опытное, Терского района Кабардино-Балкарской Республики в трехпольном стационарном, зернопропашном севообороте с чередованием культур: кукуруза на зерно – озимая пшеница – горох. Опыты заложены согласно методикам, изложенным в соответствующих методических пособиях (Доспехов, 1985; Доспехов, 1972).

Объектами исследований являлись сорт озимой пшеницы Памяти Шатилова совместной селекции Института сельского хозяйства КБНЦ РАН и Научного центра зерна имени П.П. Лукьяненко, двухкомпонентные гербициды отечественного производства фирмы АО «Щелково Агрохим»:

1. Фенизан, ВР (360+22,2 г/л) – применяется на посевах озимых и яровых колосовых (пшеницы, ячменя, овса, ржи в дозе 0,14–0,2 л/га против малолетних злаковых и двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д и МЦПА) и некоторых многолетних двудольных в фазе начала кущения и ранние фазы роста малолетних сорняков с расходом рабочего раствора при наземной обработке в количестве 200–300 л/га.

2. Аврорекс, КЭ (332+21 г/л) – применяется в дозе 0,5–0,6 л/га в фазе кущения культуры в ранние фазы роста сорняков с расходом рабочего раствора в 250–300 л/га.

3. 2,4-Д – Зерномакс, КЭ (500 г/л) – применяется на посевах озимых и яровых зерновых колосовых культур в борьбе с малолетними двудольными сорняками в дозировках 0,6–0,8 л/га препарата в фазе кущения до выхода культуры в трубку.

На хозяйственном контроле агротехнические приемы борьбы с сорняками проводили культиватором КПС-4,0, зубовыми боронами «ЗИГЗАГ» БЗСС-1,0, луцильниками дисковыми ЛДГ-5,0.

Изучение эффективности использования гербицидов в различных дозах проводилось по следующей схеме:

1) контроль – хозяйственный (агротехнические приемы борьбы с сорняками);

2) 2,4-Д-Зерномакс, КЭ (500 г/л) – 0,8 л/га – стандарт;

3) Фенизан, ВР – 0,14 л/га;

4) Фенизан, ВР – 0,2 л/га;

5) Аврорекс, КЭ – 0,5 л/га;

6) Аврорекс, КЭ – 0,6 л/га.

Почва опытного участка – обыкновенный (карбонатный) чернозем тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В пахотном (0–20 см) слое содержалось: гумуса – 3,0–3,5 %; P_2O_5 (по Мачигину) – 0,14–0,27 %; K_2O (по Мачи-

гину) – 2,0–2,6 %; PH – 6,8–7,0 единиц. Среднегодовое количество осадков – 360–400 мм.

В годы проведения исследований погодные условия несколько отличались от среднемноголетних показателей (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические показатели за годы проведения исследований (по данным агрометеорологического поста «Куян», п. Опытный Терского р-на КБР)
Table 1. Meteorological indicators for the years of research
(according to the agrometeorological post “Kuyan”, the village of Opytny, Tersky district, KBR)

Год	Осадки, мм	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %
2018	495,2	12,2	73,0
2019	395,6	12,7	72,0
2020	417,7	12,1	87,0
Среднемноголетние данные (норма)	470,0	10,1	77,0

Так, количество осадков, выпавших в 2018 г., превышало среднемноголетние данные на 25,2 мм, средняя температура воздуха также была выше на 2,0–2,6 °С. Относительная влажность воздуха была ниже на 5,0 % в 2019 и выше на 10,0 % в 2020 годах. Учеты, наблюдения и анализы растительных образцов проводили согласно требованиям методики полевого опыта. Урожайные данные обрабатывали статистически методом дисперсионного анализа по Доспехову (Соколова и Аскинази, 1967). Засоренность посевов на вариантах опыта определяли количественно-весовым и количественно-видовым методами перед внесением гербицидов (исходная засоренность), спустя 30 дней после химобработки и перед уборкой урожая зерна (Федина, 1988).

Технология возделывания основной зерновой культуры России озимой пшеницы общепринятая для данной зоны республики.

Большую часть минеральных удобрений ($N_{30}P_{90}K_{60}$) вносили осенью под основную обработку почвы; аммиачную селитру в дозе 30 кг/га д.в. в виде подкормки весной в фазе кущения культуры.

Обследование посевов весной в фазе бутонизации озимой пшеницы выявило более 18 видов сорняков различного уровня плотности произрастания (экз./м²) на единице посевной площади. Это были виды осотов – розовый – 0,5 экз. (*Wirsium arvense* L.) и желтый – 1,0 экз. (*Sonchus arvensis* L.), вьюнок полевой – 1,0 экз. (*Convoliulus arvensis* L.), подмаренник цепкий – 0,5 экз. (*Jalium aparine* L.), амброзия полынно-

лиственная – 1,5 экз. (*Ambrosia artemisiifolia* L.), щетинники – сизый – 0,5 экз. (*Setari glausa* P.B.) и зеленый – 0,3 экз. (*Setari viridis* P.B.), лебеда (марь белая) – 1,0 экз. (*Chenopodium album* L.), овсюг – 2,0 экз. (*Avena fatua* L.), лисохвост полевой – 0,5 экз. (*Alopecurus aqrestis* L.).

Учетная площадь делянки 200 м², повторность 4-кратная, опыты закладывали систематическим методом в два яруса. Учеты и наблюдения проводили в основные фазы роста растений озимой пшеницы перед уходом в зиму в фазах кущения, флаг листа и полной спелости. Полную спелость отмечали во все годы исследований в третьей декаде июня, поскольку условия в период роста и развития растений были острозасушливыми, а отсутствие влаги способствовало высыханию растений на корню. Фенологические наблюдения, определение структуры и учеты урожая проводили по методике полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами (Соколова и Аскинази, 1967).

Результаты и их обсуждение. Исследования по борьбе с сорняками, проведенные на посевах нового адаптивного сорта мягкой пшеницы Памяти Шатилова в 2018–2020 гг., были направлены на поиск эффективных дозировок гербицидов отечественного производства. В таблице 2 представлены исходная засоренность посевов и уровень снижения этого показателя через 30 дней после проведения различных приемов ухода (Картамышев и др., 2006).

Таблица 2. Влияние приемов ухода на засоренность посевов озимой пшеницы в условиях степной зоны КБР, 2018–2020 гг. (кол-во сорняков на 1 м²)
Table 2. The effect of a weed control on winter wheat sown in the steppe part of Kabardino-Balkaria, 2018–2020 (number of weeds per 1 m²)

Варианты	Исходная засоренность, шт./м ²		Через 30 дней после обработки		Гибель сорняков, %	
	всего	в т.ч. многолетники	всего	в т.ч. многолетники	всего	в т.ч. многолетники
1. Контроль (хозяйственный)	95	31	70	32	26,3	–
2. 2,4-Д -Зерномакс, КЭ – 0,8 л/га	96	40	36	24	62,5	40,0
3. Фенизан, ВР – 0,14 л/га	90	38	26	18	71,1	52,6
4. Фенизан, ВР – 0,2 л/га	82	30	20	12	73,2	60,0
5. Аврорекс, КЭ – 0,5 л/га	88	28	18	6	79,5	78,6
6. Аврорекс, КЭ – 0,6 л/га	93	26	15	5	83,8	80,7

Как видно из данных таблицы, общее количество сорных растений, произрастающих на вариантах опыта в начале вегетации, находилось в пределах 82–96 шт./м², из которых на долю многолетников (виды осотов, вьюнок полевой) приходилось 26–40 экземпляров (табл. 2) (Рзаева, 2018). Использование агротехнических приемов (контроль) снижало общее количество сорных растений с 95 шт. раст./м² до 70 экземпляров, что составило 26,3 %, а число многолетников оставалось неизменным и находилось в пределах 31–32 экземпляра на каждом м² посевов (вариант 1).

Применение гербицидов Фенизан, ВР и Аврорекс, КЭ (варианты 3–6) в дозировках 0,14–0,2 л/га и 0,5–0,6 л/га снизило засоренность посевов на 71,1–83,8 %, в том числе многолетников на 52,6 – 80,7 % соответственно.

Применение препарата 2,4-Д Зерномакс, КЭ в дозе 0,8 л/га в качестве стандартного (вариант 2) не превысило показатели действия гербицидов Фенизан, ВР и Аврорекс, КЭ

по уничтожению сорняков и составило 62,5 %, в том числе многолетников – 40 %.

Как показали исследования, проведенные в 2018–2020 гг., посевы пшеницы, обработанные гербицидами Фенизан, ВР и Аврорекс, КЭ в испытываемых дозировках, имели наименьшую засоренность. В период вегетации сорные растения находились ниже среднего яруса, густота стеблестоя культуры была наибольшей. К моменту уборки озимой пшеницы больше всего сорняков было отмечено в верхнем ярусе посева на контрольном варианте. Там же была отмечена и наибольшая их надземная масса. В среднем многолетние сорняки имели массу 1020 г/м², малолетние – 550 г/м² (вариант 1 – контроль).

На вариантах с гербицидами Фенизан, ВР и Аврорекс, КЭ (варианты 3–6) надземная масса многолетних сорняков к концу вегетации составляла 100–380 г/м² (табл. 3), то есть она снизилась на 62,8– 90,2 % по сравнению с контролем.

Таблица 3. Масса сорняков в зависимости от приемов ухода за посевами озимой пшеницы к концу вегетации (2018–2020 гг.)
Table 3. Weeds' amount depending on the control methods for winter wheat sowings by the end of the vegetation period (2018–2020)

Варианты	Многолетние сорняки		Малолетние сорняки		Всего	
	г/м ²	% гибели	г/м ²	% снижения	г/м ²	% снижения
1. Контроль (хозяйственный)	1020	–	550	–	1570	–
2. 2,4-Д Зерномакс, КЭ – 0,8 л/га	450	55,9	200	63,6	650	58,6
3. Фенизан, ВР – 0,14 л/га	380	62,8	130	76,4	510	67,5
4. Фенизан, ВР – 0,2 л/га	210	79,4	100	81,8	310	80,3
5. Аврорекс, КЭ – 0,5 л/га	110	89,2	65	88,2	175	88,9
6. Аврорекс, КЭ – 0,6 л/га	100	90,2	50	91,0	150	93,6

На рассматриваемых вариантах с малолетними сорняками наблюдалась такая же закономерность, где их количество уменьшилось на 76,4–91,0 %. На варианте без применения химпрополки общая масса сорных растений к периоду завершения вегетации озимой пшеницы составила 1570 г/м² при 550 г/м² их массы на контроле.

Применение 2,4-Д Зерномакс, КЭ в дозе 0,8 л/га и Фенизана, ВР 0,14 л/га сопровождалось снижением веса сорных растений и составило 58,6–67,5 % (варианты 2 и 3). При опрыскивании посевов Фенизаном, ВР в дозе 0,2 л/га (вариант 4) и Аврорексом, КЭ в дозах 0,5 и 0,6 л/га

степень подавления общего количества сорных растений существенно (80,3–93,6 %) возрастала.

Таким образом, наиболее эффективными в борьбе с сорняками на посевах озимой пшеницы сорта Памяти Шатилова в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии оказались гербициды Фенизан, ВР и Аврорекс, КЭ в дозировках 0,2 и 0,5 л/га соответственно.

Применение гербицидов Фенизана, ВР и Аврорекса, КЭ оказало влияние не только на степень засоренности посевов, но и на показатели структуры урожая зерна озимой пшеницы (табл. 4) (Горбачев и др., 2011; Липский и др., 2018).

Таблица 4. Показатели структуры урожая зерна в зависимости от приемов ухода за посевами озимой пшеницы (2018–2020 гг.)
Table 4. Indicators of the grain yield structure, depending on the control methods for winter wheat sowings (2018–2020)

Варианты	Воздушно-сухая масса раст., г/м ²	Высота, см	Продуктивная кустистость, шт.	Масса 1000 семян, г
1. Контроль (хозяйственный)	61,5	58,7	1,15	35,0
2. 2,4-Д-Зерномакс, КЭ – 0,8 л/га	69,0	62,0	1,17	36,5
3. Фенизан ВР – 0,14 л/га	70,0	63,5	1,20	37,0
4. Фенизан, ВР – 0,2 л/га	72,5	65,0	1,22	38,0
5. Аврорекс, КЭ – 0,5 л/га	78,5	73,5	1,20	40,5
6. Аврорекс, КЭ – 0,6 л/га	79,8	75,0	1,23	42,0

Так, воздушно-сухая масса и высота растений озимой пшеницы к завершению периода вегетации на контроле были наименьшими и составили 61,5 г/м² и 58,7 см соответственно. Показатели продуктивной кустистости также были не более 1,15 шт. и 35 г соответственно.

На вариантах с применением Аврорекса, КЭ в дозировках 0,5 и 0,6 л/га (варианты 5 и 6) воздушно-сухая масса (78,5–79,8 г/м²), средняя высота растений (73,5–75,0 см) и площадь листовой поверхности (60,3–62,0 тыс. м²/га) существенно превосходили данные не только на контроле, но и на участках с применением гербицида Фенизана, ВР в дозах 0,14–0,2 л/га (варианты 3 и 4).

Уровень засоренности сельхозкультур в полевом земледелии и приемы ее снижения в наших исследованиях оказали влияние также на урожайность зерна озимой пшеницы (табл. 5).

Наиболее благоприятные климатические условия для роста и развития растений озимой пшеницы отмечены в 2018 г., когда сумма осад-

ков составила 495,2 мм и превышала средне-многолетние данные на 25,2 мм. Выявлена высокая урожайность, которая варьировала в среднем по вариантам опыта от 43,5 до 50,0 ц/га при показателях на контроле 38,0 ц/га. В 2019–2020 гг. эти значения составили от 35,5–46,0 до 36,8–47,2 ц/га соответственно.

Однако улучшение почвенного питания растений в сочетании с рациональным расходом влаги на единицу продукции, обеспеченные благодаря эффективному удалению значительной части сорно-полевого сообщества в агроценозе озимой пшеницы, сформировали достоверную прибавку урожайности на вариантах с химпрополкой по сравнению с необработанными гербицидами фонами.

Так, применение гербицида Фенизан, ВР – 0,14 и 0,2 л/га увеличило урожайность зерна на 2,6 и 3,0 ц/га по сравнению со стандартом (вариант 2); на 7,1 и 7,5 ц/га по сравнению с контролем (вариант 1) соответственно.

Таблица 5. Влияние приемов ухода на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии
Table 5. The effect of a weed control on grain productivity of winter wheat sown in the steppe part of Kabardino-Balkaria

Варианты	В ц/га по годам				Прибавка	
	2018	2019	2020	2018–2020	ц/га	%
1. Контроль (хозяйственный)	38,0	35,5	36,8	36,8	–	–
2. 2,4-Д Зерномакс, КЭ – 0,8 л/га (St)	43,5	40,0	42,0	41,3	4,5	12,2
3. Фенизан, ВР – 0,14 л/га	45,7	42,5	43,5	43,9	7,1	19,3
4. Фенизан, ВР – 0,2 л/га	46,0	43,0	44,0	44,3	7,5	20,4
5. Аврорекс, КЭ – 0,5 л/га	48,8	45,5	46,0	46,7	9,9	26,9
6. Аврорекс, КЭ – 0,6 л/га	50,0	46,0	47,2	47,7	10,9	29,6
НСР – 0,5	1,8	2,0	2,3	–	–	–

В среднем за три года исследований применение гербицидов Фенизана, ВР и Аврорекса, КЭ в испытываемых дозировках (0,14 и 0,2 и 0,5 и 0,6 л/га соответственно) способствовало формированию урожая зерна пшеницы, равного 43,9–47,7 ц/га. Это обеспечило сохранение от потерь зерна до 7,1–10,9 ц/га, что составило 19,3–29,6 % прибавки по сравнению с контролем.

Однако в полевом земледелии для стабилизации и повышения экономической эффек-

тивности производства озимой пшеницы необходимо дальнейшее совершенствование технологии, поиски приемов адаптивной интенсификации при ее выращивании (Young et al., 2017). В наших исследованиях при расчете экономической эффективности было установлено, что затраты на применение гербицидов окупаются выручкой от реализации продукции (табл. 6) (Takács-György and Takács, 2009).

Таблица 6. Экономическая эффективность гербицидов на посевах озимой пшеницы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии, среднее за 2018–2020 гг.
Table 6. Economic efficiency of herbicides on winter wheat sown in the steppe part of Kabardino-Balkaria, mean in 2018–2020

Гербициды, дозы применения		Урожайность, ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Произв. затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
2,4-Д Зерномакс, КЭ 0,8 л/га (St)		41,3	61950*	15200	46750	308,0
Фенизан, ВР, л/га	0,14	43,9	65850	13092	52759	403,0
	0,2	44,3	66450	13130	53320	406,0
Аврорекс, КЭ, л/га	0,5	46,7	70050	13743	56307	411,0
	0,6	47,7	71550	13891	57659	415,0

Примечание. * – рыночная стоимость продовольственного зерна озимой пшеницы на 01.01.20 г. 15,0 руб./кг.

Как видно из представленных данных, стоимость производственных затрат на фоне применения новых гербицидов отечественного производства не превышает 13091–13891 руб./га против данных с использованием 2,4-Д Зерномакса, КЭ в дозе 0,8 л/га на сумму 15200 руб./га. Затраты денежных средств на приобретение гектарной дозы гербицидов при обработке посевов озимой пшеницы Фенизаном, ВР (0,14 и 0,2 л/га) и Аврорексом, КЭ (0,5 и 0,6 л/га) не выходят за пределы 90,0–130,0 руб./га. В связи с этим сумма чистого дохода на этих вариантах составила 52759–57659 руб./га при высоком (403–415 %) уровне рентабельности.

Выводы.

1. Применение новых гербицидов отечественного производства Фенизана, ВР и Аврорекса, КЭ является высокоэффективным методом подавления сорняков на по-

севах озимой пшеницы сорта Памяти Шатилова.

2. Оптимальными дозами применения новых гербицидов на посевах озимой пшеницы являются: Фенизана, ВР – 0,14 и Аврорекса, КЭ – 0,5 л/га.

3. Обработка посевов озимой пшеницы повышенными дозами (0,2 и 0,6 л/га) не имеет преимущества перед рекомендуемыми нормами их внесения, как по степени подавления сорняков, так и величине зерновой продуктивности культуры.

Таким образом, применение гербицидов отечественного производства Фенизан, ВР и Аврорекс, КЭ окупало вложенные затраты и обеспечило по вариантам опыта чистый доход в сумме от 52759 до 56307 руб./га. Экономически наиболее оправданным оказалось использование Фенизана, ВР в дозе 0,14 и Аврорекса, КЭ – 0,5 л/га.

Библиографические ссылки

1. Голубев А. С., Маханькова Т. А., Долженко В. И., Каракотов С. Д. Биологическое обоснование возможности применения гербицидов в разные фазы развития зерновых культур // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 1. С. 20–24. DOI: 10.31857/S 2500-2627-2020-1-20-24.
2. Голубев А. С. Эффективность нового отечественного гербицида на основе флуметсулама и флорасулама в форме масляной дисперсии для защиты зерновых культур // Земледелие. № 5. 2022. С. 43–48. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-5-43-46.
3. Горбачев Т. В., Рендов Н. А., Некрасова Е. В., Мозылева С. И. Эффективность гербицидов при комплексном засорении посевов яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 11. (85). С. 5–8.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга, 2012. 352 с.
5. Доспехов Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка данных. М.: Колос, 1972. 207 с.
6. Картамышев В. Г., Ильина Л. П., Бокий Г. В. Сорные растения в агрофитоценозах Ростовской области и меры снижения их вредоносности // Земледелие. 2006. № 3. С. 36–37.
7. Кирюшин В. И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2022. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.
8. Липский С. И., Пантюхов И. В., Ивченко В. К. Эффективность гербицидов АО «Байер» в борьбе с сорными растениями в посевах зерновых культур // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3. С. 12–19.
9. Малкандуев Х. А., Мохова Л. М., Шамурзаев Р. И., Малкандуева А. Х. Памяти Шатилова – новый адаптивный сорт озимой мягкой пшеницы // Вестник аграрной науки. 2021. № 4 (91). С. 37–42. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.4.37.
10. Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами / под ред. А. В. Соколова, Д. Л. Аскинази. Почв. институт им. В. В. Докучаева. М.: Наука, 1967. 183 с.
11. Рзаева, В. В. Биологические группы сорных растений в посевах яровой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2018. № 8 (175). С. 51–56.
12. Pakeman R. J., Brooker R. W., Hewison R. L., Karley A. J., Newton A. C., Mitchell C., Guy D. C., Pollenus J., Schöb C. Increased crop diversity reduces the functional space available for weeds // Weed research. 2020. Vol. 60, № 2. P. 121–131. DOI: 10.1111/wr.12393.
13. Young S., Pitla S., Evert F. K., Schueller J., Pierce F. J. Moving an integrated weed management system from a low level to a truly integrated and highly specialized weed management system using cutting-edge technology // Weed research. 2017. Vol. 57, № 1. P. 1–5. DOI: 10.1111/wr.12234.
14. Takács-György K., Takács I. Economic Analysis of Precision Weed Management K. TAKÁCS // Cereal Research Communications. 2009. № 37 (4). P. 585–593. DOI: 10.1556/CRC.37.2009.4.13.

References

1. Golubev A. S., Makhan'kova T. A., Dolzhenko V. I., Karakotov S. D. Biologicheskoe obosnovanie vozmozhnosti primeneniya gerbitsidov v raznye fazy razvitiya zernovykh kul'tur [Biological substantiation of the possibility of using herbicides in different phases of development of grain crops] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2020. № 1. S. 20–24. DOI: 10.31857/S 2500-2627-2020-1-20-24.
2. Golubev A. S. Effektivnost' novogo otechestvennogo gerbitsida na osnove flumetsulama i florasulama v forme maslyanoi dispersii dlya zashchity zernovykh kul'tur [The effectiveness of a new domestic herbicide based on flumetsulam and florasulam in the form of an oil dispersion for grain crops' protection] // Zemledelie. № 5. 2022. S. 43–48. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-5-43-46.
3. Gorbachev T. V., Rendov N. A., Nekrasova E. V., Mozyleva S. I. Effektivnost' gerbitsidov pri kompleksnom zasoreнии posevov yarovoi pshenitsy v usloviyakh lesostepi Zapadnoi Sibiri [Efficiency of herbicides in complex infestation of spring wheat crops in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia] // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 11. (85). S. 5–8.

4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Kniga, 2012. 352 s.
5. Dospekhov B.A. Planirovanie polevogo opyta i statisticheskaya obrabotka dannykh [Planning of a field trial and statistical processing of data]. M.: Kolos, 1972. 207 s.
6. Kartamyshev V.G., Il'ina L.P., Bokii G.V. Sornye rasteniya v agrofitotsenozakh Rostovskoi oblasti i mery snizheniya ikh vredonosnosti [Weeds in agrophytocenoses of the Rostov region and measures to reduce their harmfulness] // Zemledelie. 2006. № 3. S. 36–37.
7. Kiryushin V.I. Sistema nauchno-innovatsionnogo obespecheniya tekhnologii adaptivno-landshaftnogo zemledeliya [The system of scientific and innovative support for technologies of adaptive landscape agriculture] // Zemledelie. 2022. № 2. S. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.
8. Lipskii S.I., Pantyukhov I.V., Ivchenko V.K. Effektivnost' gerbitsidov AO «Baier» v bor'be s sornymi rasteniyami v posevakh zernovykh kul'tur [The efficiency of herbicides JSC “Bayer” in the fight against weeds in the crops] // Vestnik KrasGAU. 2018. № 3. S. 12–19.
9. Malkanduev Kh. A., Mokhova L. M., Shamurzaev R. I., Malkandueva A. Kh. Pamyati Shatilova – novyi adaptivnyi sort ozimoi myagkoi pshenitsy [‘Pamyati Shatilova’ is a new adaptive variety of winter bread wheat] // Vestnik agrarnoi nauki. 2021. № 4 (91). S. 37–42. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.4.37.
10. Metodika polevykh i vegetatsionnykh opytov s udobreniyami i gerbitsidami [Methodology of field and vegetation trials with fertilizers and herbicides] / pod red. A.V. Sokolova, D.L. Askinazi. Pochv. institut im. V.V. Dokuchaeva. M.: Nauka, 1967. 183 s.
11. Rzaeva V.V. Biologicheskie gruppy sornykh rastenii v posevakh yarovoi pshenitsy [Biological groups of weeds in spring wheat crops] // Agrarnyi vestnik Urala. 2018. № 8 (175). S. 51–56.
12. Pakeman R.J., Brooker R.W., Hewison R.L., Karley A.J., Newton A.C., Mitchell C., Guy D.C., Pollenus J., Schöb C. Increased crop diversity reduces the functional space available for weeds // Weed research. 2020. Vol. 60, № 2. P. 121–131. DOI: 10.1111/wr.12393.
13. Young S., Pitla S., Evert F.K., Schueller J., Pierce F.J. Moving an integrated weed management system from a low level to a truly integrated and highly specialized weed management system using cutting-edge technology // Weed research. 2017. Vol. 57, № 1. P. 1–5. DOI: 10.1111/wr.12234.
14. Takács-György K., Takács I. Economic Analysis of Precision Weed Management K. TAKÁCS // Cereal Research Communications. 2009. № 37 (4). P. 585–593. DOI: 10.1556/CRC.37.2009.4.13.

Поступила: 10.10.22; доработана после рецензирования: 09.11.22; принята к публикации: 09.11.22.

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. Тарчоков Х. Ш. – общее научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных данных, формирование методологии исследования и концепции статьи, написание текста статьи; Сарбашева А. И. – концептуализация исследований, подготовка опыта, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Матаева О. Х. – структурный анализ данных, отбор растений для анализа, сбор данных, промеры и подсчеты, заполнение таблиц.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СИЛА СВЯЗИ ЗЕРНА С КОЛОСОМ ТРИТИТРИГИИ СОРТА ПАМЯТИ ЛЮБИМОВОЙ В ФАЗУ ПОЛНОЙ СПЕЛОСТИ

В. И. Пахомов^{1,2}, член-корреспондент РАН, доцент, доктор технических наук, исполняющий обязанности директора, ORCID ID: 0000-0002-8715-0655;

И. В. Червяков¹, кандидат технических наук, младший научный сотрудник лаборатории механизации уборки, bern7771@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-7025-7034;

А. А. Колин'ко¹, кандидат технических наук, младший научный сотрудник лаборатории механизации уборки, aleksejkolinko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8127-0122;

С. И. Камбулов^{1,2}, доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела механизации растениеводства, kambulov.s@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8712-1478;

Т. А. Мальцева², научный сотрудник центра развития территориального кластера «Долина Дона», tamaltseva.donstu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3973-6846

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

²ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,

344003, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1; e-mail: spu-38.5@donstu.ru

Создание новых культур (например, путем гибридизации) требует значительных затрат как ресурсов, так и времени, а значит, и обоснованных причин. Работы по созданию трититригии (многолетней пшеницы) сорта Памяти Любимовой велись ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко» на протяжении практически 70 лет. Появление такой культуры дает возможность применять новые технологические приемы и технические средства для реализации ее потенциала. Необходимо также установить применимость существующих средств механизации при ее возделывании в различных природно-климатических зонах Российской Федерации, где есть возможность получать и анализировать данные о ее физико-механических и биологических характеристиках. Несмотря на большой прорыв в создании трититригии (в 2019 г. внесена в Госреестр селекционных достижений), ей посвящено мало научных работ, информации о ней недостаточно либо она носит противоречивый, фрагментарный характер, а встретить такую культуру на полях практически невозможно. В связи с этим целью нашей работы было получение статистически достоверной информации о значении усилия отрыва зерна от колоса трититригии сорта Памяти Любимовой в период полной спелости. Этот показатель важен для оценки таких свойств культуры, как самоосыпаемость после достижения полной спелости, определения степени тугообмолачиваемости, что позволит выявить особенности ее уборки существующими комбайнами. При проведении исследования использовали статистические общепринятые методы обработки информации, а именно: оценку выбросов, нормальности распределения при помощи критерия Шапиро – Уилка, сравнительный Т-критерий Стьюдента. Среднее значение усилия отрыва по всей длине колоса составило 5,16 Н. При делении колоса по зонам: нижняя, центральная и верхняя (20, 60 и 20 % длины колоса от места крепления колоса к стеблю соответственно) значения составили 4,3 Н, 5,65 Н и 5,27 Н.

Ключевые слова: трититригия, пшеница многолетняя, зерно, труднообмолачиваемая.

Для цитирования: Пахомов В. И., Червяков И. В., Колин'ко А. А., Камбулов С. И., Мальцева Т. А. Сила связи зерна с колосом трититригии сорта Памяти Любимовой в фазу полной спелости // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 84–89. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-84-89.



STRENGTH OF THE CONNECTION OF KERNELS WITH AN EAR OF THE TRITITRIGIA VARIETY 'PAMYATI LYUBIMOVY' IN THE DEAD-RAPE STAGE

V. I. Pakhomov^{1,2}, corresponding member of the RAS, docent, Doctor of Technical Sciences, acting ear, ORCID ID: 0000-0002-8715-0655;

I. V. Chervyakov¹, Candidate of Technical Sciences, junior researcher of the laboratory for harvesting mechanization, bern7771@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-7025-7034;

A. A. Kolin'ko¹, Candidate of Technical Sciences, junior researcher of the laboratory for harvesting mechanization, aleksejkolinko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8127-0122;

S. I. Kambulov^{1,2}, Doctor of Technical Sciences, main researcher of the department of mechanization of plant production, kambulov.s@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8712-1478;

T. A. Maltseva², researcher of the Center of Territorial Cluster Development "Dolina Dona", tamaltseva.donstu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3973-6846

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

²FSBEI HE "Donskoy State Technical University",

344003, Rostov region, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 1; e-mail: spu-38.5@donstu.ru

The development of new crops (for example, by hybridization) requires significant costs, both resources and time, and therefore justified reasons. The work on the development of trititrigia (perennial wheat) variety 'Pamyati Lyubimovoy' has been carried out by the FSBSI "National Grain Center named after P.P. Lukyanenko" for almost 70 years. The development of such grain crop makes it possible to apply new technological methods and technical means to

realize its potential. It is also necessary to establish the applicability of existing mechanization means in its cultivation in various natural and climatic zones of the Russian Federation, where it is possible to obtain and analyze data on its physical, mechanical and biological characteristics. Despite a big breakthrough in the development of trititrigia (it was included in the State List of Breeding Achievements in 2019), there are few scientific works devoted to it and there is not enough information about it, or it is contradictory, fragmentary, and it is almost impossible to meet such grain crop in the fields. In this regard, the purpose of the current work was to obtain statistically reliable information on the value of the force of kernel separation from a trititrigia ear of the variety 'Pamyati Lyubimovoy' in the dead-rape stage. This indicator is important for estimating such crop properties as self-shedding after reaching full ripeness, determining the degree of heavy threshing, which will make it possible to identify the features of its harvesting by existing combines. During the current study, there were used statistically generally accepted data processing methods, namely, the estimation of release, the normality of distribution using the Shapiro-Wilk test, and the comparative Student's T-test. The average value of the separation force along the entire ear length was 5.16 N. When dividing the ear into zones: lower, central and upper (20, 60 and 20 % of the ear length from the point of attachment of the ear to the stem, respectively), the values were 4.3 N, 5.65 N and 5.27 N.

Keywords: trititrigia, perennial wheat, grain, difficult to thresh.

Введение. Идея получать урожай пшеницы несколько лет после однократного посева интересна и позволяет по-новому взглянуть на ее экономическую рентабельность. В этом есть как очевидные плюсы в виде снижения затрат на проведение посевных работ, работ по обработке почвы и экономии посевного материала, так и минусы, которые необходимо отметить. К ним относятся вопросы зараженности зерна, которая может возрастать из-за нахождения культуры на одном поле в течение нескольких лет. Вопросы совместимости новой культуры с возможностями машинно-тракторного парка, в частности, что касается уборочной техники.

Созданием многолетней пшеницы путем ее скрещивания с пыреем занимались на протяжении 70 лет в ФГБУН «Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН». В процессе гибридизации проявился фактор, который значительно усложнил работу и стал причиной взаимоисключающего набора свойств. Если при создании новой культуры предпочтение отдавалось ее свойствам, способствующим получению урожая несколько лет подряд, то в результате из-за большего количества генов от пырея культура наследовала сильную связь зерна с колосом (Alabushev et al., 2020; Бурьянов и др., 2018), что подразумевает тугой обмолот. Если же сохранять приемлемую обмолачиваемость культуры, то она теряла в свойствах многолетности. В таком случае культура становилась скорее отрастающей, что дает возможность получить несколько укосов. В итоге предпочтение было отдано отращиванию (Герасименко, 2021).

В 2019 г. в Госреестре селекционных достижений была зарегистрирована первая на территории РФ трититригия сорта Памяти Любимовой (Zavgorodny et al., 2022; Герасименко, 2021). Ее геном представлен 56 хромосомами (42 от пшеницы и 14 от пырея) (Белов и Завгородний, 2020).

Гены, унаследованные от пырея, по данным авторов сорта трититригии Памяти Любимовой, обладают иммунитетом к пыльной и твердой головне. Высокоустойчив к бурой ржавчине, мучнистой росе, септориозу и фузариозу колоса. Умеренно восприимчив к желтой ржавчине (Иванова и др., 2020). Вышеуказанное свойство позволит снизить количество фунгицидов, которые используются при производстве зерна,

и получать более экологически чистую продукцию. Согласно литературным данным, зерно трититригии сорта Памяти Любимовой содержит 14,9–16,3 % белка (Zavgorodny et al., 2022) (озимая мягкая пшеница 11,4–12,8 % (Некрасова и др., 2021) и может также использоваться в селекционной работе как источник хозяйственно ценных признаков.

Возможность получать несколько укосов создает возможность убирать очесом на ранних этапах зрелости зерна (влажностью 20 % и более) со сбором зернополовистого вороха и последующим применением в инновационной технологии производства гранулированного корма на основе неразделенного зернового вороха (Пахомов и др., 2021).

При уборке трититригии сорта Памяти Любимовой в 2021 г. на опытных делянках «АНЦ «Донской» влажностью 12 % селекционным комбайном Wintersteiger «Quantum» было отмечено, что полученное зерно имеет высокую сорность (рис. 1), а попытки перенастройки систем комбайна приводят к высоким потерям за очисткой или к высокому уровню травмирования, дробления зерна.



Рис. 1. Зерно трититригии сорта Памяти Любимовой после уборки комбайном Wintersteiger «Quantum»

Fig. 1. Kernels of the the trititrigia variety 'Pamyati Lyubimovoy' after harvesting with the combine Wintersteiger "Quantum"

Основную долю сорной примеси в обмолоченном зерновом материале составляли

необмолоченные колоски (рис. 1). Причиной неполного домолота, даже на самых жестких режимах работы молотильной системы комбайна Wintersteiger «Quantum», могла быть сильная связь зерна с колосом.

В период полной спелости зерно удерживается в колосе колосковой чешуйкой. При этом прочность ее удержания будет зависеть от строения чешуи (ее формы, вида киля) и площади ее крепления к стержню. Существует метод определения осыпаемости сорта с использованием анализа анатомического строения чешуи колоса. Также существует методика определения осыпаемости сорта в фазу полной спелости путем подсчета количества выпавших зерен из колоса (Ганеев, 2018). К недостатку данных способов следует отнести отсутствие в результатах абсолютного значения усилия отрыва зерна, которое необходимо для проектирования и расчета рабочих органов средств обмолота. При этом необходимо отметить, что при создании сорта сила связи зерна с колосом является важной информаци-

ей как для хозяйств при планировании сроков уборки, ее очередности, настройки уборочной техники, так и для проектирования и создания новых рабочих органов.

Цель исследований – определить значения усилия отрыва зерна от колоса трититригии сорта Памяти Любимовой в фазу полной спелости в трех зонах колоса.

Материалы и методы исследований.

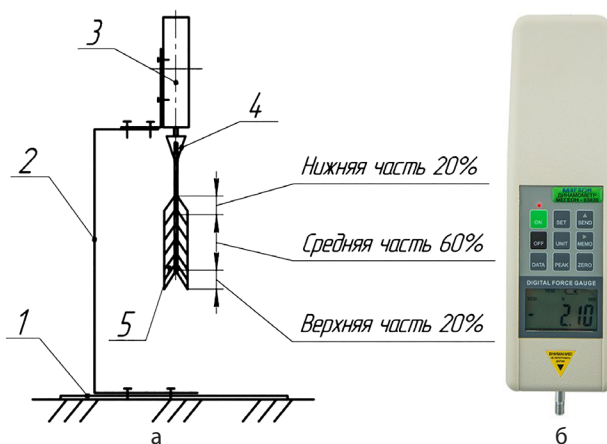
Материалом для исследования служила трититригия сорта Памяти Любимовой. Тип развития озимый. Колос цилиндрический, длиной 10–19 см, рыхлый, белый, безостый (рис. 2). Зерновка средней крупности, окрашенная, удлиненно-овальная. Основание зерновки голое, бороздка средняя. Зимостойкость и засухоустойчивость очень высокие. Vegetационный период 345–347 дней. Высота растения 1,35–1,50 м, масса 1000 зерен 33,0 г, урожайность в 2021 г. составила 3,3 т/га (при средней урожайности озимой пшеницы по Ростовской области 3,79 т/га) (Федоров, 2021).



Рис. 2. Колос трититригии. Сорт Памяти Любимовой
Fig. 2. A triticaria ear. The variety 'Pamyati Lyubimovoy'

Для проведения измерений силы связи зерна с колосом изготовили лабораторную установку, схема которой представлена на рисунке 3а, в качестве измерительного прибора

применяли динамометр «Мегеон 03020», представленный на рисунке 3б, с точностью измерения 0,2 %.



1 – основание; 2 – вертикальная стойка; 3 – динамометр «Мегеон 03020»; 4 – держатель (зажим) колоса; 5 – колос

Рис. 3. Кинематическая схема стойки держателя динамометра «Мегеон 03020» (а); динамометр сжатия/растяжения «Мегеон 03020» (б)

Fig. 3. Kinematic diagram of the dynamometer holder stand Megeon 03020 (a); the tensile compression dynamometer Megeon 03020 (b)

Именно такое деление колоса (рис. 3а) было выбрано по результатам исследований, проведенных в 2018 г., двух сортов озимой

пшеницы – Адмирал и Лучезар (Бурьянов и др., 2018). Измерение колосьев и литературный обзор показали, что в нижней и верхней части ко-

лоса (размер которых не превышал 20 % длины колоса) имеются видимые отличия в развитии зерновок, колосков от средней его части.

Для проведения исследований были заготовлены колосья культуры, которые упаковывали индивидуально в полиэтиленовые пакеты вместе с бирками (с информацией о влажности, сорте, дате и месте взятия пробы), транспортировали к месту измерения. Далее по очереди по одному закрепляли в зажиме 4 исследуемый колос обратно направлению роста (рис. 3), после чего при помощи пинцета вертикально

вниз отделяли от колоса колосковую чешуйку 2, удерживающую зерно в колосе (рис. 4).

При отделении фиксировали максимальное усилие, которое отображалось на экране динамометра «Мегеон 03020», и заносили в таблицу измерений.

При оценке влияния усилия отрыва колосковой чешуйки от колоса в зависимости от зоны отрыва (низ, центр, верх) предварительно оценили объем требуемой выборки при помощи функции «Анализ мощности» в программе «Statistica».

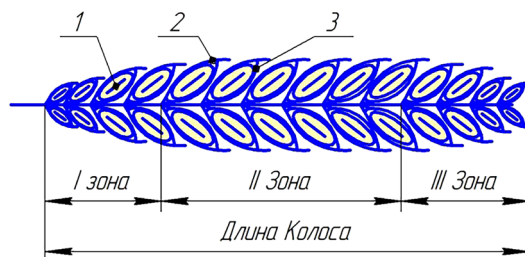


Рис. 4. Схема колоса: 1 – зерно; 2 – колосковая чешуйка; 3 – чешуйка цветковая; 1 зона – нижняя, 20 % длины колоса; 2 зона – центральная, 60 % длины колоса; 3 зона – верхняя, 20 % длины колоса

Fig. 4. An ear scheme: 1 – kernels; 2 – ear glume; 3 – flower glume;

1 zone – lower, 20 % of an ear length; 2 zone – central, 60 % of an ear length; 3 zone – upper, 20 % of an ear length

Объем оценивали следующим образом. Провели несколько опытов и оценили стандартное отклонение усилия отрыва и требуемую статистическую мощность. После чего занесли данные в программу «Statistica» и определили, что необходимый размер выборки для достижения результата статистической мощности, близкой к 100 %, должен составлять не менее 30 замеров.

Приняли выборку для трех зон, равную 108 значений (36 на каждую зону колоса), и выдвинули гипотезу, заключающуюся в том,

что между любыми зонами существует различие в средних значениях усилий, соответственно, нулевая гипотеза состояла в равенстве средних значений усилия отрыва чешуйки от колоса между тремя зонами.

Результаты и их обсуждение. Значения усилий для отрыва колосковой чешуйки от колоса были определены для 12 колосьев трититригии сорта Памяти Любимовой влажностью 9,2 % в фазу полной спелости в период уборки. Статистические показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения усилия отрыва чешуйки от колоса трититригии сорта Памяти Любимовой
Table 1. Values of the force of glume separation from a trititrigy ear The variety 'Pamyati Lyubimovoy'

Статистический показатель	Усилие отрыва чешуйки, Н			
	Зоны колоса			Без деления на зоны колоса
	низ	центр	верх	
Среднее значение, Н	4,3	5,65	5,27	5,16
Стандартная ошибка	0,27	0,28	0,33	0,18
Медиана, Н	4,05	5,40	5,17	5,12
Стандартное отклонение	1,33	1,66	1,95	1,76
Дисперсия выборки	1,77	2,75	3,81	3,11
Эксцесс	-0,69	-0,16	-0,09	-0,07
Асимметричность	0,44	0,32	0,67	0,58

Как видно из данных таблицы 1, среднее значение усилия по всей длине колоса составляет 5,16 Н, что превышает показатели, полученные при исследовании озимой пшеницы труднообмолачиваемого сорта Адмирал (Бурьянов и др., 2018).

Для оценки нормальности (Субботина и Гржибовский, 2014) распределения ис-

пользовали критерий Шапиро-Уилка. После исключения выбросов (Bruce and Bruce, 2017) проанализировали нормальность распределения усилий отрыва зерна от колоса. Численное значение критерия Шапиро-Уилка оказалось выше 0,05. Из этого следует, что для сравнения средних значений усилия отрыва зерна от колоса применим па-

раметрический критерий Стьюдента (Ильин, 2011).

Результаты теста на сравнение средних значений представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результат сравнительной оценки по Т-критерию Стьюдента средних значений усилия отрыва зерна от колоса в зависимости от зоны отрыва
Table 2. The result of a comparative estimation according to Student's T-test of the average values of the kernel separation force from an ear, depending on the separation zone

Зона	Средние значения усилия отрыва по зоне колоса, Н	Т-критерий Стьюдента	Уровень значимости, р
Низ–центр	4,30–5,65	3,38	0,001
Верх–центр	5,27–5,65	0,89	0,377
Верх–низ	5,27–4,30	2,15	0,036

Согласно таблице 2, средние значения усилия отрыва существенно отличаются по двум зонам: низ–центр и низ–верх, так как уровень значимости составляет меньше 0,05, а именно, 0,001 и 0,036. При этом разница между средними значениями в зонах центр–верх составила 0,38 Н и оказалась статистически незначимой. Наличие значимой разницы в усилии связи в разных зонах колоса подтверждает необходимость при обмолоте воздействовать на колос с разной интенсивностью для достижения полного обмолота и недопущения воздействия максимальным усилием на легкообмолочиваемую часть колосьев.

Известна шкала по делению сортов пшеницы на три группы (Ганеев, 2018): осыпающиеся, выдерживающие от 0,23 до 0,44 кгс; не осыпающиеся, выдерживающие от 0,52 до 0,73 кгс; сорта с тугим обмолотом, выдерживающие 1,28 кгс и больше. Шкала носит отрывочный характер, есть большие интервалы, не входящие в нее. По результатам проведенных нами измерений в разные годы (Alabushev et al., 2020; Бурьянов и др., 2018), с учетом опыта и анализа литературных источников, предлагается следующая градация сортов озимой пшеницы по силе связи зерна с колосом: осыпающиеся, выдерживающие до 4 Н; не осыпающиеся, выдерживающие от 4 Н до 8 Н; сорта ригидные, выдерживающие 8 Н и более.

Выводы. Среднее значение усилия отрыва зерна по всей длине колоса трититригии сорта Памяти Любимовой составило 5,16 Н. При этом обнаружено существенное отличие среднего усилия отрыва зерна от колоса в нижней зоне колоса от среднего усилия в центральной и верхней зонах. Минимальное среднее значение наблюдалось в нижней зоне колоса и составило 4,3 Н, в центральной и верхней – 5,65 Н и 5,27 Н соответственно.

Трититригию сорта Памяти Любимовой следует отнести к неосыпающимся сортам, характеризующимся устойчивостью к самоосыпанию и более низкими потерями при нахождении на корню при достижении ими полной спелости. Однако из-за необходимости работы систем обмолота на жестком режиме, предполагающем увеличенное значение скорости вращения молотильного барабана, уменьшение зазора в подбарабанье, будет расти степень травмирования и дробления зерна. В свою очередь, смягчение режима работы комбайна будет вести к увеличению сорности зерна при уборке, при этом из-за перегрузки домолачивающего устройства и воздушно-решетной очистки будет наблюдаться повышенный уровень потерь за комбайном. Найденные в проведенном исследовании значения усилия отрыва зерна от колоса вышеуказанного сорта позволяют адаптировать режимы работы комбайна к уборке с низкими значениями травмирования и потерь зерна.

Библиографические ссылки

- Бурьянов А. И., Червяков И. В., Колинько А. А., Пахомов В. И., Ионова Е. В., Хлыстунов В. Ф. Методы и результаты определения естественной силы связи зерна с колосом в период созревания и полной спелости // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6. С. 21–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-21-25.
- Ганеев В. А. Устойчивость к осыпанию [Электронный ресурс]. URL: <https://fitonsemena.ru/page/page155.html>.
- Герасименко Е. Раз посея – семь отрежь? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nsh.ru/aktualno/raz-posej-sem-otrezh/>.
- Иванова Л. П., Щуклина О. А., Ворончихина И. Н., Ворончихин В. В., Завгородний С. В., Энзекрей Е. С., Комкова А. Д., Упельник В. П. Перспективы использования новой сельскохозяйственной культуры трититригии (*x Trititrigia cziczinii Tsvelev*) в кормопроизводстве // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 13–16.
- Ильин В. П. Методические особенности применения Т-критерия Стьюдента в медико-биологических исследованиях // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2011. №5. С. 160–161.
- Некрасова О. А., Кравченко Н. С., Игнатьева Н. Г., Копусь М. М., Марченко Д. М. Седиментационная оценка и показатели качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 35–40. DOI:10.31367/2079-8725-2021-77-5-35-40.
- Пахомов В. И., Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Рудой Д. В. Особенности технологии производства корма из зернового вороха при ранней и сверхранней уборке // Техника и оборудование для села. 2021. № 1 (283). С. 16–19. DOI:10.33267/2072-9642-2021-1-16-19.

8. Пат. № 11203 РФ Селекционное достижение: трититригия Памяти Любимовой / Белов В. И., Завгородний С. В.; заявл. 14.01.2019; опубл. 22.07.2020.
9. Субботина А. В., Гржибовский А. М. Описательная статистика и проверка нормальности распределения количественных данных // Экология человека. 2014. № 2. С. 51–57.
10. Федоров Л. На Дону – новый рекорд по зерну [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2021/08/12/reg-ufu/na-donu-novyy-rekord-po-zernu.html>.
11. Alabushev A. V., Buryanov A. I., Pakhomov V. I., Kolinko A. A., Chervyakov I. V. Development of a method to control threshing process based on properties of harvested crop variety and external factors // IOP conference series: earth and environmental science: 6th International conference on agriproducts processing and farming, APAF 2019. Voronezh, 2020. Vol. 422, № 1. 012005 p. DOI:10.1088/1755-1315/422/1/012005.
12. Bruce P. C., Bruce A. Practical statistics for data scientists. Sebastopol CA: O'Reilly, 2017. 298 p.
13. Zavgordny S. V., Ivanova L. P., Alenicheva A. D., Shchuklina O. A., Kvitko V. E., Klimenkova I. N., Soloviev A. A., Upelnik V. P. Morphobiological and economically valuable features of samples from the modern collection of trititrigia (x Trititrigia cziczinii Tzvel.) MBG RAS // Vegetable crops of Russia. 2022. P. 10–14. DOI:10.18619/2072-9146-2022-2-10-14.

References

1. Bur'yanov A. I., Chervyakov I. V., Kolin'ko A. A., Pakhomov V. I., Ionova E. V., Khlystunov V. F. Metody i rezultaty opredeleniya estestvennoi sily svyazi zerna s kolosom v period sozrevaniya i polnoi spelosti [Methods and results of determining the natural strength of grain with an ear during ripening and full ripeness] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 6. С. 21–25. DOI:10.31367/2079-8725-2018-60-6-21-25.
2. Ganeev V. A. Ustoichivost' k osypaniyu [Resistance to shedding] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://fitonsemena.ru/page/page155.html>.
3. Gerasimenko E. Raz posei – sem' otrezh' [Sow once – cut seven?] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.nsh.ru/aktualno/raz-posej-sem-otrezh/>.
4. Ivanova L. P., Shchuklina O. A., Voronchikhina I. N., Voronchikhin V. V., Zavgordny S. V., Enzekrei E. S., Komkova A. D., Upelnik V. P. Perspektivy ispol'zovaniya novoi sel'skokhozyaistvennoi kul'tury trititrigii (x Trititrigia cziczinii Tsvelev) v kormoproizvodstve [Prospects for the use of a new crop of trititrigia (x Trititrigia cziczinii Tsvelev) in feed production] // Kormoproizvodstvo. 2020. № 10. С. 13–16.
5. Il'in V. P. Metodicheskie osobennosti primeneniya T-kriteriya St'yudenta v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh [Methodological features of the application of the Student's T-test in biomedical research] // Byulleten' VSNTs SO RAMN. 2011. №5. С. 160–161.
6. Nekrasova O. A., Kravchenko N. S., Ignat'eva N. G., Kopus' M. M., Marchenko D. M. Sedimentatsionnaya otsenka i pokazateli kachestva zerna sortov ozimoi myagkoi pshenitsy [Sedimentation estimation and grain quality indicators of winter bread wheat varieties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 5(77). С. 35–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-35-40.
7. Pakhomov V. I., Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Rudoi D. V. Osobennosti tekhnologii proizvodstva korma iz zernovogo vorokha pri rannei i sverkhrannei uborke [Features of the technology to produce feed from a grain heap during early and very early harvesting] // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2021. № 1 (283). С. 16–19 DOI: 10.33267/2072-9642-2021-1-16-19.
8. Пат. № 11203 РФ Селекционное достижение трититригия Памяти Любимовой [Pat. No. 11203 RF Breeding achievement of the trititrigia variety 'Pamyati Lyubimovoy'] / Belov V. I., Zavgordny S. V.; заявл. 14.01.2019; опубл. 22.07.2020.
9. Субботина А. В., Гржибовский А. М. Описательная статистика и проверка нормальности распределения количественных данных [Descriptive statistics and checking the normality of the distribution of quantitative data] // Экология человека. 2014. № 2. С. 51–57.
10. Федоров Л. На Дону – новый рекорд по зерну [On the Don there is a new record for grain] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://rg.ru/2021/08/12/reg-ufu/na-donu-novyy-rekord-po-zernu.html>.
11. Alabushev A. V., Buryanov A. I., Pakhomov V. I., Kolinko A. A., Chervyakov I. V. Development of a method to control threshing process based on properties of harvested crop variety and external factors // IOP conference series: earth and environmental science: 6th International conference on agriproducts processing and farming, APAF 2019. Voronezh, 2020. Vol. 422, № 1. 012005 p. DOI:10.1088/1755-1315/422/1/012005.
12. Bruce P. C., Bruce A. Practical statistics for data scientists. Sebastopol CA: O'Reilly, 2017. 298 p.
13. Zavgordny S. V., Ivanova L. P., Alenicheva A. D., Shchuklina O. A., Kvitko V. E., Klimenkova I. N., Soloviev A. A., Upelnik V. P. Morphobiological and economically valuable features of samples from the modern collection of trititrigia (x Trititrigia cziczinii Tzvel.) MBG RAS // Vegetable crops of Russia. 2022. P. 10–14. DOI:10.18619/2072-9146-2022-2-10-14.

Поступила: 20.07.22; доработана после рецензирования: 07.11.22; принята к публикации: 07.11.22.

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. Пахомов В. И. – концептуализация исследования, общее научное руководство, подготовка рукописи; Червяков И. В., Колинко А. А. – выполнение лабораторных опытов, сбор данных, анализ данных, подготовка рукописи; Камбулов С. И. – формирование методологии исследования, общее научное руководство, подготовка рукописи; Мальцева Т. А. – анализ литературных источников.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ В АГРОФИТОЦЕНОЗЕ ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И. А. Корчагина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, korchagina@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0001-5188-7148;

Л. В. Юшкевич, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией ресурсосберегающих агротехнологий, yushkevitchLV@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6203-1078
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», 644012, г. Омск, пр-кт Королева, 26, т. +7(3812) 77-69-90; e-mail: 55asc@bk.ru

Инфицированность культуры – стрессовый фактор для растений. Развитие и распространение грибных фитопатогенов (*Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria* и др.) корневой системы приводит к существенному снижению не только количественных, но и качественных параметров урожайности сельскохозяйственных культур. В статье представлены данные (2011–2018 гг.) по изучению подземных органов растений пшеницы яровой при поражении корневыми гнилями различной этиологии в зависимости от предшественников, агротехнологий и средств защиты растений. В условиях Омской области введение рапса в полевые севообороты оправдано. Культура положительно влияет на улучшение фитосанитарного состояния почвы и посевов. Выявлено, что наибольшее распространение инфекции на корневой системе растений отмечается на пшенице после пара (35–46 %), минимальное – после рапса (7–16 %). Семена мятликовых сорняков при почвозащитной обработке сосредоточены в самом верхнем (0–10 см) слое почвы. Повышенная засоренность агрофитоценоза снижает конкурентность культурных растений, и, как следствие, возрастает засоренность почвы конидиями *B. sorokiniana*, создавая неблагоприятные условия для развития пшеницы яровой, особенно в начальный период произрастания. Наибольшую урожайность культуры, независимо от предшественника, в среднем по вариантам интенсификации обеспечила отвальная обработка почвы – 3,02 (пшеница после пара); 2,60 (пшеница по пшенице) и 2,15 т/га (пшеница после рапса). При почвозащитной обработке отмечается снижение урожайности зерна на 0,20 (пшеница после пара); 0,22 (пшеница по пшенице) и 0,12 (пшеница после рапса) т/га соответственно в сравнении с отвальной технологией. При внесении удобрений и гербицидно-фунгицидной обработки посевов в период вегетации растений различие между агротехнологиями сглаживается. Комплексное применение средств химизации снижает инфицированность агрофитоценоза на 7–11 % и повышает урожайность зерна пшеницы яровой до 4,14 т/га (на 98 %) относительно экстенсивной агротехнологии.

Ключевые слова: пшеница яровая, почва, корневая гниль, агротехнология, урожайность.

Для цитирования: Корчагина И. А., Юшкевич Л. В. Особенности развития корневой гнили в агрофитоценозе пшеницы яровой при различных агротехнологиях в лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 90–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-90-96.



FEATURES OF ROOT ROT DEVELOPMENT IN THE SPRING WHEAT AGROPHYTOCENOSIS UNDER VARIOUS AGRICULTURAL TECHNOLOGIES IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

I. A. Korchagina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for microbiology, korchagina@anc55.ru, ORCID ID 0000-0001-5188-7148;

L. V. Yushkevich, Doctor of Agricultural Sciences, head of the laboratory for resource saving agrotechnologies, yushkevitchLV@yandex.ru, ORCID ID 0000-0002-6203-1078
Federal State Budgetary Research Institution "Omsky Agricultural Research Center", 644012, Omsk, Korolev Str., 26; tel: +7(3812) 77-69-90; e-mail: 55asc@bk.ru

Crop infection is a stress factor for plants. The development and spread of fungal phytopathogens (*Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*, etc.) of the root system leads to a significant decrease in both quantitative, and qualitative parameters of grain crop productivity. The current paper has presented the data (2011–2018) on the study of subsoil parts of spring wheat plants when they are damaged by root rots of various etiologies, depending on the forecrops, agricultural technology and plant protection products. In the conditions of the Omsk region, the introduction of rapeseed into field crop rotations is justified. The grain crop has a positive effect on improving the phytosanitary condition of the soil and crops. There has been established that the greatest spread of infection on the root system of plants is identified on wheat sown in fallow (35–46 %), the minimum spread after rapeseed (7–16 %). Seeds of bluegrass weeds during protective tillage are concentrated in an uppermost (0–10 cm) soil layer. The increased weed infestation of agrophytocenosis reduces the competitiveness of cultivated plants and, as a result, the population of *B. sorokiniana* conidia in soil increases, creating unfavorable conditions for spring wheat development, especially during the initial period of growth. The highest crop productivity, regardless of a forecrop, mean for intensification options, was provided by moldboard tillage with 3.02 t/ha (wheat sown in fallow); 2.60 t/ha (wheat sown after wheat) and 2.15 t/ha (wheat sown after rapeseed). With a protective tillage, there was grain productivity decrease on 0.20 t/ha (wheat sown in fallow); 0.22 t/ha (wheat sown after wheat) and 0.12 t/ha (wheat sown after rapeseed) t/ha, respectively, in comparison with

a moldboard technology. When fertilizing and herbicidal-fungicidal treatment of sowings during a vegetation period of plants, there is a slight difference between agricultural technologies. The complex use of chemicals reduces the infection of agrophytocenosis on 7–11 % and increases spring wheat productivity upto 4.14 t/ha (on 98 %) relative to extensive agricultural technology.

Keywords: spring wheat, soil, root rot, agricultural technology, productivity.

Введение. Пшеница яровая в Омском регионе занимает доминирующую (до 70–75 %) площадь в структуре зерновых культур, причем наиболее распространенные почвенные инфекции, особенно на повторных и бессменных посевах, ежегодно причиняют заметный ущерб урожайности и качеству зерна.

Согласно исследованиям многих ученых: Марьина-Черных О.Г. (2016), Торопова Е.Ю. (2018, 2020), Гаврилова О.П. и др. (2022), занимающихся вопросами корневой гнили, заболевание встречается повсеместно на посевах зерновых культур, оно вредоносно, особенно при поражении проростков агрокультур. Гибель всходов в прохладную весну может достигать более 35 %. Пораженные растения отстают в росте, образуют щуплое неполновесное зерно и низковсхожие семена.

Исследования Ломановского А.В. и др. (2016), Разиной А.А. и Дятловой О.Г. (2018) в различных почвенно-климатических зонах России показали, что общая зараженность и инфицирование семян комплексом патогенов при фитопатологическом анализе достигают 70–100 %. Довольно часто на одном семени наблюдается присутствие представителей микобиоты разных родов при доминировании грибов из родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Helminthosporium* (потенциальные возбудители микотоксикозов). По развитию и вредности корневой гнили особо выделена гельминтоспориозная (возбудитель – *Bipolaris sorokiniana*) и фузариозная (возбудители – *Fusarium* sp.).

Наблюдениями Тороповой Е.Ю. и др. (2018), Юшкевича Л.В. и др. (2021) установлено, что в черноземных почвах Западной Сибири отмечается высокая численность популяции возбудителей инфекций как в семенах пшеницы яровой, так и в корнеобитаемом слое почвы.

Исследования Глинушкина А.П. и др. (2018) в пяти зерновых регионах России выявили, что состав возбудителей фузариоза на зерновых культурах представлен широко распространенными и редкими видами грибов. Наблюдается однотипность *Fusarium* sp., что обусловлено восприимчивостью агроценозов к почвообитающим микромицетам.

Существуют данные, что высокая степень инфицированности сибирских почв и агрофитоценозов зерновых культур приводит к заметному ухудшению системообразующих элементов структуры урожая, качества конечной продукции, загрязнению ее фитопатогенами. Выявлено, что усилению развития корневых болезней зерновых агроценозов способствует насыщение полевых севооборотов более восприимчивыми культурами (ячмень, пшеница яровая и озимая, рожь и др.), а также распространение повторных посевов в полевых

севооборотах и отсутствие фитосанитарных предшественников. На инфицированных послеуборочных остатках, стерне, мульче, дикорастущих злаках, сорняках и в верхнем слое почвы в сибирских климатических условиях возбудители корневых гнилей в виде хламидоспор и конидий сохраняют жизнеспособность 3–5 лет и более.

При почвозащитной и «нулевой» технологиях, преобладающих в засушливых агроландшафтах Западной Сибири, мятликовые сорняки (сорнополевое просо, овсюг, щетинник) занимают в структуре агроценоза более 60 %. Данные виды являются основным источником инфекций в полевых севооборотах, что приводит к ежегодному, в отличие от листостеблевых инфекций, поражению корневой системы растений (Торопова и др., 2018).

Цель исследований: установить особенности поражения растений пшеницы яровой корневыми гнилями в зависимости от предшественников (пар чистый, пшеница яровая, рапс), системы обработки почвы (отвальная, плоскорезная) в севооборотах при применении средств интенсификации (гербициды, удобрения, фунгициды, ретарданты).

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в Омском АНЦ в 2011–2018 гг. в стационарном 5-польном зернопаровом (пар черный – пшеница яровая – пшеница яровая – пшеница яровая – ячмень яровой) и 4-польном плодосменном (рапс – пшеница яровая – соя – пшеница яровая) севооборотах лесостепной зоны в лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий. Проведена сравнительная оценка предшественников (пар чистый, пшеница яровая, рапс) пшеницы яровой, обработки почвы (отвальная на глубину 20–22 см, плоскорезная на глубину 10–12 см), комплексной химизации (контроль (без химизации), гербициды + удобрения, гербициды + удобрения + фунгициды + ретарданты) на инфицированность посевов и урожайность зерна. Агротехника в опыте зональная. Повторность 4-кратная. Пшеницу яровую сорта Омская 36 высевали ПК «Salford», обеспечивающим более равномерное распределение семян по глубине (5–7 см) и площади питания растений. Способ посева рядовой (ширина междурядий 15 см) с подрезанием сорной растительности стрелчатыми лапами.

Почва лугово-черноземная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса до 7–8 %. Степень заболевания восприимчивых органов корневой системы пшеницы яровой проведена по свежим, не высохшим образцам, когда пигментация пораженной ткани проявляется ярче (по методике Чулкиной В.А. (2017)), вычисляли отдельно по каждому органу (эпикотиль, основание стебля).

Развитие болезни (R, %), или степень поражения – качественный показатель проявления болезни. Распространение (P, %), или частота встречаемости – количество больных растений по отношению к общему количеству растений в варианте:

$$R = 100 \cdot \Sigma (a \cdot b) / n; P = 100 \cdot a / n,$$

где 100 – перевод показателя в проценты, $\Sigma (a \cdot b)$ – сумма произведений количества больных растений (a) на соответствующий балл поражения (b), n – общее количество больных и здоровых растений при проведении анализа.

Погодные условия 2011–2018 гг. по данным метеостанции города Омска были характерными для континентального климата южной лесостепной зоны. Осадки в течение вегетации

распределялись неравномерно. ГТК в вегетационный период был более благоприятным в 2011, 2013, 2016 и 2018 гг. (0,99–1,09) и засушливым (0,68–0,70) в 2012, 2014, 2017 годах.

Результаты и их обсуждение. Рациональный полевой севооборот – основа адаптивно-ландшафтной системы зонального земледелия. При оптимальном подборе и чередовании предшественников в полевом севообороте снижается инфицированность агрофитоценоза, повышается продуктивность и выход зерна с 1 га пашни (Ломановский и др., 2016).

Наименьшее развитие корневой гнили отмечено в среднем по обработкам почвы на варианте комплексной химизации (2,5; 1,0 и 0,1 %) или в 1,3–6,0 раз ниже в сравнении с контролем как на пшенице по пару, так и на пшенице после пшеницы и рапса (рис. 1 и 2).

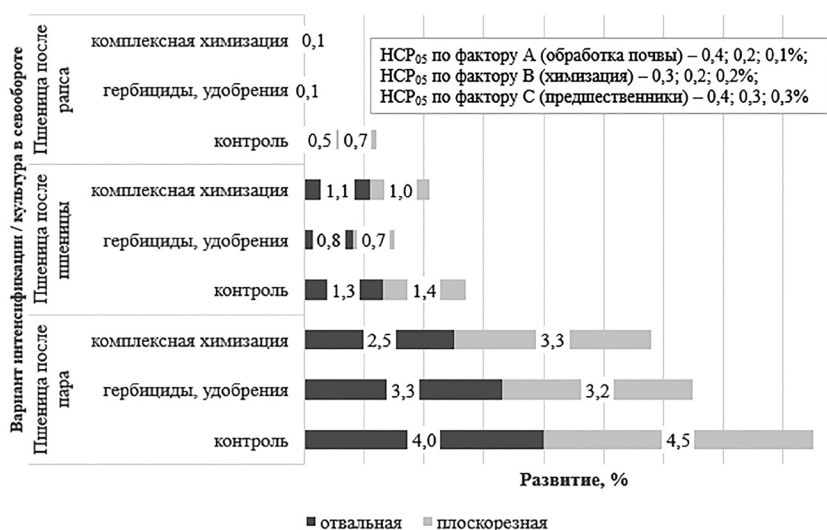


Рис. 1. Развитие корневой гнили на пшенице мягкой яровой в зависимости от агротехнологии возделывания и предшественника (2011–2015 гг.)

Fig. 1. Root rot development on spring bread wheat depending on the cultivation agricultural technology and a forecrop (2011–2015)

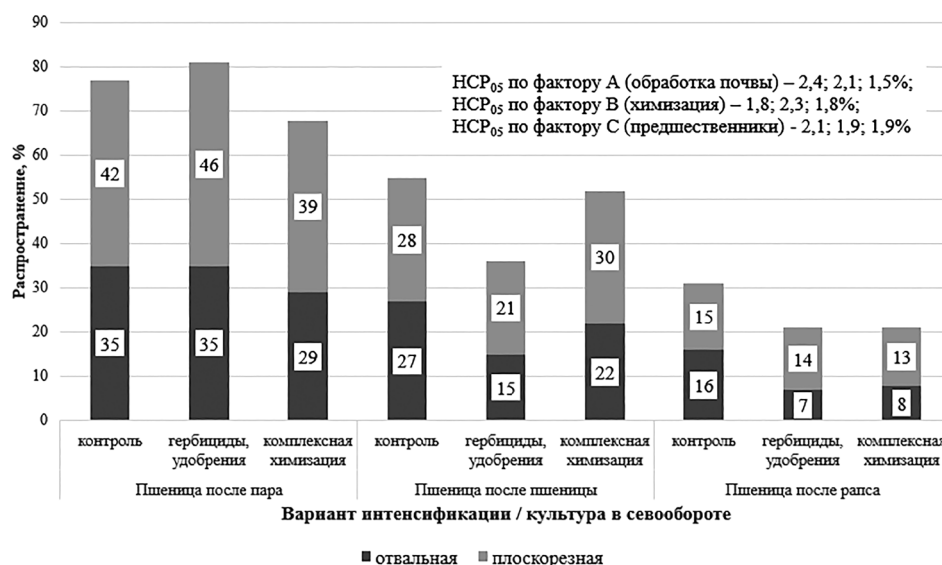


Рис. 2. Распространение корневой гнили на пшенице мягкой яровой в зависимости от агротехнологии возделывания и предшественника (2011–2015 гг.)

Fig. 2. Root rot spread on spring bread wheat depending on the cultivation agricultural technology and a forecrop (2011–2015)

Наблюдениями установлено, что обработка посевов пшеницы яровой гербицидами в сочетании с удобрениями способствовала снижению численности сорного компонента агрофитоценоза как одного из источников инфекции в 1,1–2,3 раза. В варианте с отвальной обработкой почвы с заделкой растительных остатков отмечается усиление разложения биомассы и уменьшение численности патогенов.

Выявлено, что на плоскорезной обработке почвы в полевых севооборотах повышается количество растительных остатков и, как следствие, распространение корневой гнили практически не снижается в зависимости от уровня применения средств интенсификации, включая удобрения. В засушливых почвенно-климатических зонах Западной Сибири при плоскорезной обработке почвы увеличивается засоренность агрофитоценоза и, как следствие, снижается конкурентность культурных растений, возрастает заселенность конидиями *B. sorokiniana*, создавая неблагоприятные условия для развития пшеницы яровой, особенно в начальный период произрастания. Наибольшее распространение инфекции на корневой системе культуры отмечено на пшенице после пара – до 39–46 %, минимальное – после рапса – 13–14 % при снижении поражения растений в 3,0–3,3 раза.

В зернопаровом и плодосменном севооборотах при насыщении посевов зерновыми культурами происходит накопление инфекции. Отмечается, что пшеница, возделываемая после чистого пара, в наибольшей степени поражена (2,5–4,5 % (развитие) и 29–46 % (распространение)) заболеванием. В паровом поле зараженные растительные остатки разлагаются ускоренно, но микоспоры грибов (*Helminthosporium*, *Fusarium*) остаются в почве, в дальнейшем паразитируя на культурных растениях. Пшеница же после рапса имеет сниженное развитие (0,1–0,7 %) и распространение (7–16 %) инфекции на корневой системе, то есть рапс способствует подавлению патогенной микрофлоры, что улучшает фитосанитарное состояние верхнего слоя почвы.

Проведенные исследования показали, что предшественники оказывают решающее влияние на численность конидий *B. sorokiniana*. Однако однократное введение фитосанитарных предшественников не обеспечивает в полной мере оптимизацию фитосанитарного состояния почвы. Приемы ее обработки влияют на состояние микрофлоры. При отвальной обработке почвы конидии возбудителя корневой гнили (*B. sorokiniana*) в основном сосредоточены в подповерхностном (11–20 см) слое почвы. При плоскорезной обработке конидии в большей мере концентрируются в самом верхнем (0–10 см) слое почвы. Вследствие этого при прямом посеве по стерне в 2,5–7 раз сильнее поражаются первичные корни, чем подземные (эпикотиль) и надземные (основание стебля) органы. Прямой посев обеспечивает стабили-

зацию урожайности пшеницы яровой в аридных зонах рискованного земледелия, причем его преимущество проявляется в более засушливые годы (Торопова Е. Ю., 2017).

Исследования Коробовой Л. Н. (2016), Марьиной-Чермных О. Г. (2016), Shuliko N. N. и др. (2022) в лесостепи Западной Сибири и в Марийской низменности показали, что продукты обмена веществ (экзометаболиты) при корневых выделениях культуры в окружающую среду играют значительную роль в популяционных взаимодействиях, являются пищей для агрономически ценной микобиоты почвы. Колонизируя корневую систему, данные естественные обитатели почвы развиваются по всей поверхности корня, подавляя фитопатогенные микроорганизмы. Одновременно бактерии улучшают рост растений, проявляя ростостимулирующий и иммуномодулирующий эффект, обладают активным антагонизмом к фитопатогенам, способны утилизировать токсины (последствия химических обработок). В удобренных вариантах преобладали грибы рода *Trichoderma*, обладая высокой антагонистической активностью в отношении широкого спектра возбудителей грибных болезней.

Гилев и др. (2019) отмечают, что на степень заселенности почвы патогенами в условиях Курганской области во многом влияет технология возделывания пшеницы, базовым элементом которой является обработка почвы. Так, численность патогенных грибов в вариантах с отвальной технологией, с более благоприятным азотным питанием возрастала, тогда как на безотвальной обработке она практически не изменилась. При освоении в зернопаровых севооборотах ресурсосберегающих агротехнологий в первые годы отмечается повышение численности вредоносных патогенов в верхнем слое почвы с тенденцией дальнейшего снижения.

В наших исследованиях выявлено, что комплексное применение средств интенсификации при возделывании пшеницы яровой способствует не только существенному повышению урожайности зерна, но и подавлению развития (до 0,1 %) и распространения инфекции (до 7 %), особенно на пшенице после рапса. Установлено, что из органов корневой системы пшеницы яровой наибольшее поражение корневыми гнилями отмечается у эпикотиля, который более инфицирован, чем основание стебля растений – в 1,8–4,8 раза. Возделывание культуры после рапса способствует существенному уменьшению как развития, так и распространения болезней корневой системы растений.

Урожайность пшеницы яровой во многом определялась предшественником, системой обработки почвы в севообороте и применением удобрений с гербицидно-фунгицидной обработкой посевов в период вегетации растений (рис. 3).

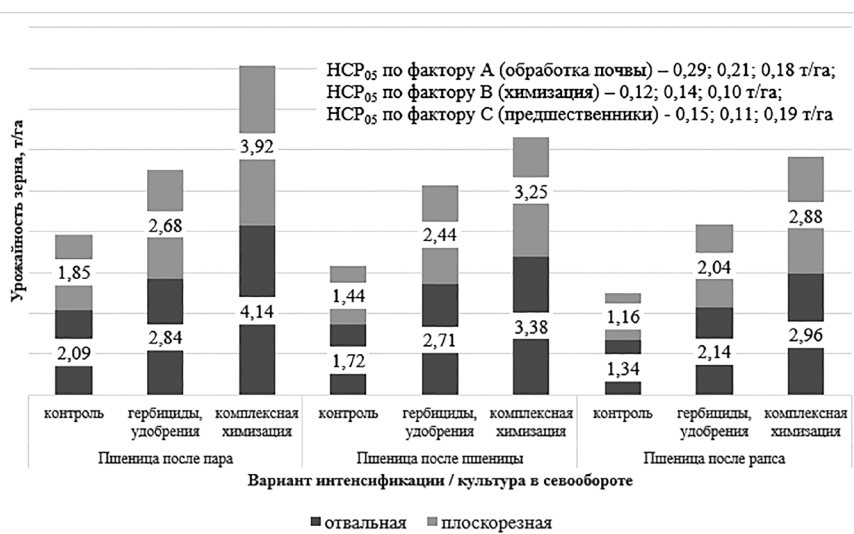


Рис. 3. Урожайность зерна пшеницы мягкой яровой (т/га) в зависимости от агротехнологий (2011–2018 гг.)
Fig. 3. Grain productivity of spring bread wheat (t/ha) depending on agricultural technologies (2011–2018)

Установлено, что на экстенсивной (без удобрений и средств защиты растений) агротехнологии наибольшая урожайность пшеницы яровой по пару получена на отвальной обработке почвы – 2,09 т/га с превышением над плоскорезной на 0,24 т/га (13,6 %), что объясняется снижением засоренности агрофитоценоза и оптимизацией азотного питания растений. На удобренном варианте засоренность агрофитоценоза пшеницы яровой заметно возросла. Проведение гербицидной прополки посевов обеспечило прибавку зерна (относительно контроля) на 0,75 и 0,83 т/га (36 и 45 %). Фунгицидная обработка пшеницы яровой в фазу «выход в трубку – колошение» улучшила фитосанитарное состояние посевов, более длительное время сохранялась листовая пластинка верхнего яруса, что способствовало увеличению продуктивности культуры до 2,07 т/га.

У пшеницы яровой, возделываемой повторно, существенно снижается урожайность зерна из-за ухудшения плодородия почвы, повышения засоренности и высокой численности популяции патогенов.

В условиях вегетационных периодов 2011–2018 гг. пшеница после зернового предшественника снижала урожайность на 0,43 т/га (17,2 %) по отношению к пшенице, размещенной по пару. Ежегодная отвальная обработка способствовала увеличению урожайности зерна пшеницы после пшеницы на 0,23 т/га (9,2 %) в сравнении с плоскорезной. Прибавка зерна на варианте с применением гербицидов и удобрений составила до 0,99 т/га, от совместного действия с фунгицидом – до 1,66 т/га по сравнению с контролем.

Ведущая роль в регулировании засоренности агрофитоценоза принадлежит агротехнологии возделывания пшеницы яровой. Рапс, занимающий в регионе более 70 тыс. га, обогащает почву органическими остатками и по-

давляет развитие корневых гнилей, повышая урожайность последующих зерновых культур до 15–20 % (Юшкевич и др., 2021).

Урожайность пшеницы после рапса и пшеницы после пшеницы заметно различалась. При повторном посеве агрокультуры урожайность в среднем по опыту составила 2,49 т/га, по рапсу – 2,09 т/га, при этом на пшенице после рапса отмечено снижение (почти в 10 раз) поражения растений корневой гнилью.

Исследованиями установлено, что урожайность пшеницы по рапсу в контрольном варианте составила только 1,16–1,34 т/га. Обработка посевов гербицидами на удобренном фоне способствовала повышению урожайности зерна на 0,80–0,88 т/га (60–76 %). Комплексное сочетание удобрений, гербицидов и фунгицидов увеличило урожайность зерна культуры до 1,62–1,72 т/га (121–148 %) в сравнении с экстенсивным вариантом.

Выводы. В условиях Западной Сибири введение рапса в полевые севообороты оправдано. Культура положительно влияет на улучшение фитосанитарного состояния почвы и посевов. Более высокое распространение инфекции на корневой системе пшеницы яровой отмечается на пшенице после пара (35–46 %), минимальное – после рапса (7–16 %).

Наибольшая урожайность зерна пшеницы яровой, независимо от предшественника, на экстенсивной агротехнологии обеспечивает отвальная обработка почвы – 1,16–2,09 т/га. При комплексном применении средств интенсификации с внесением удобрений различия между агротехнологиями сглаживаются.

Применение удобрений и средств защиты растений снижает инфицированность агрофитоценоза относительно экстенсивной (без удобрений и средств защиты растений) агротехнологии на 7–11 % и повышает урожайность зерна пшеницы яровой до 4,14 т/га.

Библиографические ссылки

1. Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю., Орина А. С., Гогина Н. Н. Разнообразие грибов рода *Fusarium* и их микотоксинов в зерне из азиатской части России // Микология и фитопатология. 2022. Т. 56, № 3. С. 194–206. DOI: 10.31857/S0026364822030035.
2. Гилев С. Д., Цымбаленко И. Н., Копылов А. Н., Ефремов В. П. Приемы биологизации при возделывании яровой пшеницы в ресурсосберегающих технологиях Зауралья // Плодородие. 2019. № 3 (108). С. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.13.
3. Глинушкин А. П., Овсянкина А. В., Киселева М. И., Коломиец Т. М. Распространение грибов рода *Fusarium* link. на зерновых культурах // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 19–25.
4. Коробова Л. Н. Особенности развития и антагонистического контроля *Fusarium culmorum* при разных способах обработки почвы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2016. № 1 (38). С. 52–57.
5. Ломановский А. В., Корчагина И. А., Юшкевич Л. В., Малинина А. И. Агротехнологии и развитие корневой гнили на яровой пшенице в лесостепи Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 4(24). С. 26–33.
6. Марьяна-Чермных О. Г. Возможность использования почвенных грибов для биологической борьбы с корневыми гнилями зерновых культур // Вестник Марийского государственного университета. 2016. Т. 2, № 2 (6). С. 33–37.
7. Разина А. А., Дятлова О. Г. Применение фунгицидов и регулятора роста растений для предпосевной обработки семян яровой пшеницы в Иркутской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 67–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-67-71.
8. Торопова Е. Ю., Селюк М. П., Казакова О. А. Факторы доминирования грибов рода *Fusarium* в патоккомплексе корневых гнилей зерновых культур // Агрохимия. 2018. № 5. С. 69–78. DOI: 10.7868/S0002188118050101.
9. Торопова Е. Ю., Соколов М. С. Роль сорта в контроле обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы // Агрохимия. 2018. № 11. С. 48–59. DOI: 10.1134/S0002188118110108.
10. Торопова Е. Ю., Стецов Г. Я., Воробьева И. Г., Сухомлинов В. Ю. Взаимодействие консортов в агроценозах яровой пшеницы Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 9. С. 35–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10907.
11. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: Учебно-практическое пособие / под ред. профессора Е. Ю. Тороповой. Барнаул, 2017. 210 с.
12. Юшкевич Л. В., Пахотина И. В., Щитов А. Г. Продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в плодосменном севообороте лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 54–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-54-60.
13. Shuliko N. N., Khamova O. F., Timokhin A. Y., Boiko V. S., Tukmacheva E. V., Krempa A. Influence of long-term intensive use of irrigated meadow-chernozem soil on the biological activity and productivity of the arable layer // Sci Rep. 2022. Vol. 12(1). P. 19755. DOI: 10.1038/s41598-022-23711-x.

References

1. Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu., Orina A. S., Gogina N. N. Raznoobrazie gribov roda *Fusarium* i ikh mikotoksinov v zerne iz aziatskoi chasti Rossii [Diversity of fungi of the genus *Fusarium* and their mycotoxins in grain from the Asian part of Russia] // Mikologiya i fitopatologiya. 2022. T. 56. № 3. S. 194–206. DOI: 10.31857/S0026364822030035.
2. Gilev S. D., Tsymbalenko I. N., Kopylov A. N., Efremov V. P. Priemy biologizatsii pri vozdelevanii yarovoi pshenitsy v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh Zaural'ya [The study of biologization methods in the cultivation of spring wheat under the resource-saving technologies of the trans-Urals region] // Plodorodie. 2019. № 3 (108). S. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.13.
3. Glinushkin A. P., Ovsyankina A. V., Kiseleva M. I., Kolomiets T. M. Rasprostranenie gribov roda *Fusarium* link. na zernovykh kul'turakh [Distribution of fungi *Fusarium* link on grain crops] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2018. № 2. S. 19–25.
4. Korobova L. N. Osobennosti razvitiya i antagonisticheskogo kontrolya *Fusarium culmorum* pri raznykh sposobakh obrabotki pochvy [Features of development and antagonistic control of *Fusarium culmorum* under different methods of tillage] // Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet). 2016. № 1 (38). S. 52–57.
5. Lomanovskii A. V., Korchagina I. A., Yushkevich L. V., Malinina A. I. Agrotekhnologii i razvitie kornevoi gnili na yarovoi pshenitse v lesostepi Omskoi oblasti [Agrotechnologies and development of root rot on spring wheat in the forest-steppe of the Omsk region] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4(24). S. 26–33.
6. Mar'ina-Chermnykh O. G. Vozmozhnost' ispol'zovaniya pochvennykh gribov dlya biologicheskoi bor'by s kornevymi gnilyami zernovykh kul'tur [Possibility of using soil fungi for biological control of root rots of grain crops] // Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. T. 2, № 2 (6). S. 33–37.
7. Razina A. A., Dyatlova O. G. Primenenie fungitsidov i regulatora rosta rastenii dlya predposevnoi obrabotki semyan yarovoi pshenitsy v Irkutskoi oblasti [The application of fungicides and growth regulators for seedbed treatment of spring wheat seeds in the Irkutsk region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 67–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-67-71.
8. Toropova E. Yu., Selyuk M. P., Kazakova O. A. Faktory dominirovaniya gribov roda *Fusarium* v patokomplekse kornevykh gnilei zernovykh kul'tur [Dominance factors of fungi genus *Fusarium* in grain crops root rot pathocomplex] // Agrokhimiya. 2018. № 5. S. 69–78. DOI: 10.7868/S0002188118050101.
9. Toropova E. Yu., Sokolov M. S. Rol' sorta v kontrole obyknovnoi kornevoi gnili yarovoi pshenitsy [The role of the variety of spring wheat in root decay control] // Agrokhimiya. 2018. № 11. S. 48–59. DOI: 10.1134/S0002188118110108.

10. Toropova E. Yu., Stetsov G. Ya., Vorob'eva I. G., Sukhomlinov V. Yu. Vzaimodeistvie konsortov v agrotsenozakh yarovoi pshenitsy Zapadnoi Sibiri [Interaction of consorts in agrocenoses of spring wheat in Western Siberia] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 9. S. 35–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10907.

11. Fitosanitarnaya diagnostika agroekosistem [Phytosanitary diagnostics of agroecosystems] / pod red. professora E. Yu. Toropovoi. Barnaul, 2017. 210 s.

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

13. Shuliko N. N., Khamova O. F., Timokhin A. Y., Boiko V. S., Tukmacheva E. V., Krempa A. Influence of long-term intensive use of irrigated meadow-chernozem soil on the biological activity and productivity of the arable layer // Sci Rep. 2022. Vol. 12(1). P. 19755. DOI: 10.1038/s41598-022-23711-x.

Поступила: 04.10.22; доработана после рецензирования: 07.12.22; принята к публикации: 07.12.22.

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: Корчагина И. А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация; Юшкевич Л. В. – подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных; Корчагина И. А., Юшкевич Л. В. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.174:631.5(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-97-102

РАСХОД ВЛАГИ СОРТАМИ СОРГО ЗЕРНОВОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ ВЫСЕВА И СПОСОБОВ ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЗОНЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. В. Метлина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

С. А. Васильченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

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, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Научно-исследовательская работа проведена на опытном участке научного севооборота лаборатории технологии возделывания пропашных культур ФГБНУ «АНЦ «Донской». Почва представлена черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым со следующими агрохимическими показателями в слое почвы 0–30 см: pH – 7,1, содержание гумуса 3,3 %, P_2O_5 – 18–20 мг/кг; K_2O – 340–370 мг/кг почвы. Исследования проводили на раннеспелых сортах сорго зернового Зерноградское 88 и Атаман. Целью исследований являлось определение расхода влаги новыми сортами сорго зернового в зависимости от норм и способов посева в условиях южной зоны Ростовской области. 2018 г. отмечен засухой, с количеством осадков 93,4 мм. В 2019 г. также отмечался недостаток осадков, который составил 66,9 мм к среднемугодовому значению. Метеоусловия 2020 г. характеризовались наибольшим количеством осадков – 223,2 мм. Запасы продуктивной влаги в среднем за годы исследований в начале развития растений по нормам высева и способам посева в метровом слое почвы находились на уровне 111,2–113,9 мм, что достаточно для получения дружных всходов. Наименьшее количество влаги отмечено к фазе полной спелости, и составило от 6,5 до 20,5 мм по изучаемым сортам. В среднем за годы изучения по всем вариантам опыта более продуктивным был сорт Атаман, по которому урожайность варьировала в пределах 3,75–4,83 т/га. Наибольшие показатели урожайности этот сорт сформировал с шириной междурядий 0,45 м и нормой высева 0,4 млн шт. всхожих семян/га, с наименьшим расходом влаги на 1 т зерна – 727 т. По сорту Зерноградское 88 наименьший расход влаги составил 823 т при норме высева 0,6 млн шт. всх. семян/га с шириной междурядий 0,45 м.

Ключевые слова: сорго, сорт, динамика продуктивной влаги, водопотребление, урожайность.

Для цитирования: Метлина Г. В., Васильченко С. А., Ковтунов В. В. Расход влаги сортами сорго зернового в зависимости от норм высева и способов посева в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 97–102. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-97-102.



MOISTURE CONSUMPTION BY GRAIN SORGHUM VARIETIES DEPENDING ON SEEDING RATES AND SOWING METHODS IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION

G. V. Metlina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of row crops, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

S. A. Vasilchenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of row crops, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

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

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current work was carried out on the experimental plot of the research crop rotation of the laboratory for cultivation technology of row crops of the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy". The soil is represented by ordinary calcareous heavy loamy chernozem with such agrochemical parameters in the soil layer of 0–30 cm as 7.1 pH, 3.3 % of humus content, 18–20 mg/kg of P_2O_5 ; 340–370 mg/kg of K_2O . The trials were carried out on the early-maturing grain sorghum varieties 'Zernogradskoye 88' and 'Ataman'. The purpose of the current research was to identify the moisture consumption of new grain sorghum varieties, depending on the sowing norms and methods in the southern part of the Rostov region. The year 2018 was arid with 93.4 mm of rainfall. In 2019 there was also a shortage of precipitation, which amounted to 66.9 mm to the long-term average. The weather conditions of 2020 were characterized by the highest amount of precipitation (223.2 mm). The reserves of productive moisture on average over the years of study at the beginning of plant development in terms of sowing rates and methods in a meter-long soil layer were at the level of 111.2–113.9 mm, which is enough to obtain thick seedlings. The smallest amount of moisture was noted

by the dead-rape stage and ranged from 6.5 to 20.5 mm for the studied varieties. On average, over the years of study, for all variants of the trial, the variety 'Ataman' was more productive, its productivity varied within 3.75–4.83 t/ha. At the same time, this variety formed the highest yield indicators (727 tons) with a row spacing of 0.45 m and a seeding rate of 0.4 million germinating seeds per ha, with the lowest moisture consumption per 1 ton of grain. As for the variety 'Zernogradskoe 88', the lowest moisture consumption was 823 tons at a seeding rate of 0.6 million germinating seeds per ha with a row spacing of 0.45 m.

Keywords: sorghum, variety, dynamics of productive moisture, water consumption, productivity.

Введение. Потепление климата и сокращение летних осадков в основных сельскохозяйственных регионах России способствует усилению аридности климата, что приводит к существенному снижению урожайности и валового сбора зерна (Zhao et al., 2020; Ray et al., 2015).

В регионах России, где в наибольшей степени проявляется недостаток влаги, следует увеличить долю посевных площадей засухоустойчивой культуры сорго зернового. Для повышения продуктивности севооборотов в этих зонах она должна стать одной из основных сельскохозяйственных культур (Ковтунов, 2018; Алабушев, 2020).

По своим биологическим свойствам и хозяйственно ценным признакам сорго зерновое является уникальным злаковым растением. Наиболее важными достоинствами являются высокая засухоустойчивость, жаростойкость, эффективное расходование влаги на образование сухого вещества, солевыносливость, продуктивность, стабильность урожаев по годам, хорошие кормовые качества, универсальность использования и высокие энергетические показатели (Kovtunov et al., 2021; Сыркина Л.Ф., 2021; Kovtunov and Kovtunova, 2021). Кроме того, сорго выступает страховой культурой в случае проявления засухи в первой половине лета, а также при плохой перезимовке озимых культур (Алабушев и др., 2017).

В России посевная площадь сорго в период с 1999 по 2018 гг. варьировала в очень широких пределах – от 8,7 до 228,6 тыс. га. Наибольшая часть (93–98 %) площади посева сорго в России приходится на Приволжский и Южный Федеральные округа. Среди регионов ЮФО выделяется Ростовская область, где посевы сорго составляют до 46–69 % (Ковтунов, 2018).

Создание и внедрение в сельскохозяйственное производство новых, более стрессоустойчивых и продуктивных сортов считается наиболее эффективным способом повышения урожайности и качества продукции (Алабушев, 2020).

Среди факторов, значительно влияющих на формирование агрофитоценоза сорго, величину урожая, большое значение имеют сроки и способы посева, нормы высева (Васильченко, 2022). При этом в силу лучшей освещенности и снабжения растений питательными веществами и влагой широкорядные посевы являлись более продуктивными (Алабушев, 2007).

Целью исследований – определение расхода влаги новыми сортами сорго зернового в зависимости от норм и способов посева в условиях южной зоны Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Научные исследования проведены в 2018–2020 гг. на опытном участке научного севообо-

рота лаборатории технологии возделывания пропашных культур ФГБНУ «АНЦ «Донской». Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Агрохимические показатели в слое почвы 0–30 см следующие: pH – 7,1, содержание гумуса – 3,3 %, среднее содержание подвижного P_2O_5 – 18–20 мг/кг и повышенное обменного калия K_2O – 340–370 мг/кг почвы (по данным лаборатории агрохимии (ФГБНУ «АНЦ «Донской»)).

Для проведения исследований использованы новые раннеспелые сорта сорго зернового Зерноградское 88 (внесен в Госреестр охраняемых селекционных достижений в 2013 году) и Атаман (внесен в Госреестр охраняемых селекционных достижений в 2018 году) селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Посев проводили селекционными сеялками СС-11 и Клен 4,2.

Повторность опыта – четырехкратная, учетная площадь делянки – 50 м², расположение делянок систематическое. Глубина заделки семян – 5–6 см. Предшественник – озимая пшеница. Уборку выполняли комбайном Sampo 2010.

В схему опыта были включены следующие нормы высева: 0,2 млн шт. всх. семян/га, 0,4 млн шт. всх. семян/га, 0,6 млн шт. всх. семян/га, 0,8 млн шт. всх. семян/га и способы посева: рядовой (0,15 м), широкорядный (0,45 м), широкорядный (0,70 м).

Запасы продуктивной влаги определялись на основе данных с опытного участка по влажности в метровом слое почвы, предоставленных лабораторией агрохимии (ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Расчет расхода продуктивной влаги на 1 т основной продукции сорго проведен согласно методическим рекомендациям А.В. Алабушева (2015).

Статистическую обработку данных осуществляли по методике Б.А. Доспехова (2014). Урожайные данные обрабатывали с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2007, AgStat.

Для анализа метеоусловий в годы исследований использовали данные метеостанции «Зерноград».

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что температура воздуха и содержание продуктивной влаги в почве в годы проведения исследований существенно отличались от климатической нормы (табл. 1).

Период вегетации сорго в 2018 г. характеризовался жесточайшей засухой, сопровождаемой высокими температурами и отсутствием осадков за исключением июля. За весь вегетационный период развития сорго зернового количество осадков в мае составило 12,7 мм,

в июне 4,2 мм, в августе 4,8 мм, при среднемноголетних показателях 51,3; 71,3; 46,0 мм соответственно. Среднемесячная температура воздуха была ниже среднемноголетней нормы на 0,6 °C в мае, в остальные месяцы этот показатель был выше на 0,3 °C в июне, на 1,3 °C в июле,

на 4,1 °C в августе. В целом этот год можно отметить как самый неблагоприятный для роста и развития сорго зернового с недостаточным количеством осадков за вегетационный период – 93,4 мм (май–август) при среднемноголетней норме 226,6 мм.

Таблица 1. Погодно-климатические условия в годы проведения исследований (2018–2020 гг.)
Table 1. Weather and climatic conditions during the years of study (2018–2020)

Месяц	Количество осадков, мм			Среднемноголетнее	Среднемесячная температура воздуха, °C			Среднемноголетняя
	2018 г.	2019 г.	2020 г.		2018 г.	2019 г.	2020 г.	
Май	12,7	63,9	79,0	51,3	15,9	20,0	15,4	16,5
Июнь	4,2	10,8	38,8	71,3	20,8	25,3	23,1	20,5
Июль	71,7	71,4	60,7	58,0	24,4	22,7	25,7	23,1
Август	4,8	13,6	44,7	46,0	26,0	23,4	23,4	21,9
За вегетационный период	93,4	159,7	223,2	226,6	21,8	22,9	21,9	20,5

Вегетационный период 2019 г. характеризовался повышенным температурным режимом, особенно в июне: 25,3 °C (+ 4,8 °C к среднемноголетней норме). Осадки выпадали крайне неравномерно: в мае 63,9 мм (+12,6 мм к среднемноголетней норме), а в июне, наоборот, количество осадков составило всего 10,8 мм (–60,5 мм к среднемноголетней норме). Засушливые условия для развития растений сорго отмечены и в первой декаде июля. Период налива зерна проходил в неблагоприятных условиях. Повышенные температуры воздуха, недостаток влаги, наблюдение суховейных явлений повлияли на формирование урожайности сорго зернового.

Метеоусловия вегетационного периода сорго зернового 2020 г. характеризовались наибольшим количеством осадков – 223,2 мм, что близко к среднемноголетним значениям. Обильные осадки мая (79,0 мм) превышали среднемноголетнюю норму на 27,7 мм. В июне наблюдался недобор осадков – 38,8 мм при норме 71,3 мм, при этом средняя температура воздуха была повышенной и составила 23,1 °C при норме 20,5 °C.

Все годы исследований характеризовались неравномерностью выпадения осадков и различались по температурному режиму. В целом сложившиеся погодно-климатические условия позволили оценить изучаемые сорта по продуктивности при различных нормах и способах посева.

Основным показателем обеспеченности растений влагой является запас продуктивной

влаги в почве в течение вегетационного периода. В условиях Ростовской области основным источником влаги для сорго являются атмосферные осадки, которые летом носят в основном ливневый характер и характеризуются кратковременностью. Запасы продуктивной влаги в начале вегетации в среднем за годы исследований были достаточными для получения дружных, полноценных всходов и составили в слое почвы 0–100 см по нормам высева и способам посева 111,2–113,9 мм. Такие условия способствовали хорошему развитию растений сорго в начальный период. В фазе выметывания содержание продуктивной влаги резко снизилось до 25,7–56,7 мм по всем нормам и способам посева. Наименьшее количество влаги было отмечено при широкорядном способе посева (ширина междурядий – 0,70 м) – 25,7–43,9 мм. При изменении нормы высева с 0,2 до 0,8 млн шт. всх. семян/га этот показатель снижался с 42,3 до 25,7 мм по сорту Атаман и с 43,9 до 39,6 мм по сорту Зерноградское 88.

Фаза полной спелости была отмечена минимальными запасами продуктивной влаги, которые составили по способам посева и нормам высева от 6,5 до 20,5 мм по изучаемым сортам.

Наименьшее количество продуктивной влаги было отмечено при ширине междурядий 0,70 м, где при увеличении нормы высева содержание влаги снижалось от 10,0 до 6,8 мм по сорту Атаман и от 12,0 до 7,3 мм по сорту Зерноградское 88 (табл. 2).

Таблица 2. Динамика продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см по фазам развития сорго в зависимости от способов посева и норм высева, мм (2018–2020 гг.)

Table 2. Dynamics of productive moisture in the soil layer 0–100 cm according to the phases of sorghum development depending on the sowing methods and seeding rates, mm (2018–2020)

Норма высева, млн шт. всх. семян/га	Всходы			Выметывание			Полная спелость		
	Ширина междурядий, м								
	0,15	0,45	0,70	0,15	0,45	0,70	0,15	0,45	0,70
Атаман									
0,2	113,3	112,6	112,0	56,7	44,5	42,3	16,0	11,2	10,0
0,4	112,6	111,2	113,4	51,9	40,9	36,3	14,0	8,7	9,0

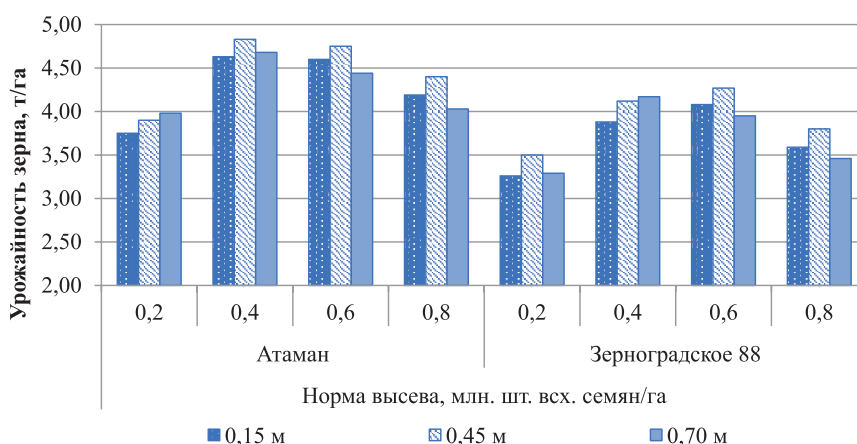
Продолжение табл. 3

Норма высева, млн шт. всх. семян/га	Всходы			Выметывание			Полная спелость		
	Ширина междурядий, м								
	0,15	0,45	0,70	0,15	0,45	0,70	0,15	0,45	0,70
0,6	113,0	113,0	111,9	44,6	38,1	28,9	11,5	7,2	7,4
0,8	112,0	114,5	112,8	41,5	37,2	25,7	9,7	6,5	6,8
Стандартное отклонение	0,6	1,4	0,7	6,9	3,3	7,5	2,8	2,1	1,5
Зерноградское 88									
0,2	114,4	113,1	113,5	54,1	46,8	43,9	20,5	14,9	12,0
0,4	111,3	113,6	112,7	50,8	42,1	42,1	16,7	11,8	9,6
0,6	113,9	112,2	113,5	48,6	38,9	39,8	14,4	9,5	8,2
0,8	113,5	113,3	112,9	47,9	37,5	39,6	13,5	7,6	7,3
Стандартное отклонение	1,4	0,6	0,4	2,8	4,1	2,0	3,1	3,1	2,0

В годы изучения запасы продуктивной влаги были несколько ниже на вариантах с нормой высева 0,6 и 0,8 млн шт. всх. семян/га, что объясняется повышенным расходом влаги на формирование дополнительного количества растений.

В среднем за годы изучения по всем вариантам опыта более продуктивным был сорт Атаман, по которому урожайность варь-

ровала в пределах 3,75–4,83 т/га. По сорту Зерноградское 88 этот показатель был ниже и составил 3,26–4,27 т/га. При этом наибольшие показатели урожайности данные сорта сформировали при широкорядном способе посева с шириной междурядий 0,45 м и нормой высева по сорту Атаман 0,4 млн шт. всхожих семян/га – 4,83 т/га и по сорту Зерноградское 88 – 0,6 млн шт. всхожих семян/га – 4,27 т/га (рис.).



Влияние способов посева и норм высева на урожайность зерна сорго зернового (2018–2020 гг.)
Effect of sowing methods and seeding rates on grain productivity of grain sorghum (2018–2020)

Примечание. HCP_{05} для частных различий по сорту Атаман – 0,10 т/га, HCP_{05} для частных различий по сорту Зерноградское 88 – 0,11 т/га, HCP_{05} для фактора А (способ посева) по сорту Атаман – 0,07 т/га, HCP_{05} для фактора А (способ посева) по сорту Зерноградское 88 – 0,08 т/га, HCP_{05} для фактора В (норма высева) и взаимодействия факторов АВ по сорту Атаман – 0,08 т/га, HCP_{05} для фактора В (норма высева) и взаимодействия факторов АВ по сорту Зерноградское 88 – 0,09 т/га.

В условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения южной зоны Ростовской области важным показателем является расход влаги на формирование единицы продукции. В среднем за 3 года самый низкий расход влаги на 1 т зерна по сорту Атаман составил

727 т при норме высева 0,4 млн шт. всх. семян/га и по сорту Зерноградское 88 – 823 т при норме высева 0,6 млн шт. всх. семян/га с шириной междурядий 0,45 м, что особенно важно для засушливых условий (табл. 3).

Таблица 3. Расход продуктивной влаги сорго зерновым в зависимости от способов посева и норм высева (2018–2020 гг.)
Table 3. Consumption of productive moisture by grain sorghum, depending on the sowing methods and seeding rates (2018–2020)

Норма высева, млн шт. всх. семян/га	Водопотребление, мм/га			Расход влаги на 1 т зерна, т		
	Ширина междурядий, м					
	0,15	0,45	0,70	0,15	0,45	0,70
Атаман						
0.2	346.1	350.0	350.8	923	898	882

Продолжение табл. 4

Норма высева, млн шт. всх. семян/га	Водопотребление, мм/га			Расход влаги на 1 т зерна, т		
	Ширина междурядий, м					
	0,15	0,45	0,70	0,15	0,45	0,70
0,4	347,6	351,3	353,2	751	727	755
0,6	350,3	354,6	353,3	762	747	796
0,8	351,1	356,8	354,8	838	810	880
Стандартное отклонение	2,3	3,1	1,7	79,7	76,9	63,2
Зерноградское 88						
0,2	342,7	347,0	350,3	1051	991	1065
0,4	343,4	349,7	351,9	885	849	844
0,6	348,3	351,5	354,1	854	823	896
0,8	348,8	354,5	354,4	972	933	1024
Стандартное отклонение	3,19	3,15	1,94	89,00	77,24	104,31

Выводы. В засушливых условиях Ростовской области при возделывании сорго зернового наиболее эффективно возделывать сорт Атаман с нормой высева 0,4 млн шт. всх. семян/га и шириной междурядий 0,45 м. Это гарантирует получение урожайности

до 4,83 т/га при наименьшем показателе расхода влаги на 1 т зерна – 727 т. По сорту Зерноградское 88 эти показатели были ниже и соответственно составили 4,27 т/га зерна и 823 т влаги на 1 т зерна.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В. Технологические приемы возделывания и использования сорго. Ростов н/Д., 2007. 224 с.
2. Алабушев А. В., Янковский Н. Г., Овсянникова Г. В., Попов А. С., Сухарев А. А. Анализ погодных условий в южной зоне Ростовской области за 1930–2015 годы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 1. С. 23–27.
3. Алабушев, А. В. Достижения в селекционной работе по созданию сортов и гибридов сорго в АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2 (68). С. 44–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-44-48.
4. Васильченко С. А., Метлина Г. В., Ковтунов В. В. Влияние сроков, способов посева и норм высева на продуктивность сорго зернового сорта Зерноградское 88 // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 91–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96.
5. Ковтунов, В. В. Посевная площадь и урожайность сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 47–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49.
6. Сыркина Л. Ф., Антимонов А. К., Антимонова О. Н. Новый сорт зернового сорго Вера универсального использования // Вестник КрасГАУ. № 7. 2021. С. 59–65. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-59-65.
7. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. The use of the Ugandan initial grain sorghum forms in the hybridization of the sorghum varieties for forage and food // 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH. Rostov-on-Don, 24–26 февраля 2021 года. 2021. Vol. 273, 13009. P. 1–6. DOI: 10.1051/e3sconf/202127313009.
8. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843(1). P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007.
9. Ray D. K., Gerber J. S., MacDonald G. K., West P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability // Nature Communications. 2015. Vol. 6. № 5989. DOI: 10.1038/ncomms6989.
10. Zhao W., Liu L., Shen Q., Yang J., Han X., Tian F., Wu J. Effects of Water Stress on Photosynthesis, Yield, and Water Use Efficiency in Winter Wheat // Water. 2020. Vol. 101, Issue. 12. P. 2127. DOI: 10.3390/w12082127.

References

1. Alabushev A. V. Tekhnologicheskie priemy vozdel'vaniya i ispol'zovaniya sorgo [Technological cultivation methods and use of sorghum]. Rostov n/D., 2007. 224 s.
2. Alabushev A. V., Yankovskii N. G., Ovsyannikova G. V., Popov A. S., Sukharev A. A. Analiz pogodnykh uslovii v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti za 1930–2015 gody [Analysis of weather conditions in the southern part of the Rostov region for 1930–2015] // Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2017. № 1. S. 23–27.
3. Alabushev A. V. Dostizheniya v selektsionnoi rabote po sozdaniyu sortov i gibridov sorgo v ANT's «Donskoi» [Achievements in breeding work on the development of sorghum varieties and hybrids in the ARC «Donskoy»] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 2 (68). S. 44–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-44-48.
4. Vasil'chenko S. A., Metlina G. V., Kovtunov V. V. Vliyaniye srokov, sposobov poseva i norm vyseva na produktivnost' sorgo zernovogo sorta Zernogradskoe 88 [Influence of terms, sowing methods and seeding rates on grain productivity of the sorghum variety 'Zernogradskoe 88'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 4. S. 91–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96.
5. Kovtunov V. V. Posevnaya ploshchad' i urozhainost' sorgo zernovogo [Sown area and grain sorghum productivity] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 47–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49.

6. Syrkina L. F., Antimonov A. K., Antimonova O. N. Novyi sort zernovogo sorgo Vera universal'nogo ispol'zovaniya [A new grain sorghum variety 'Vera' for universal use] // Vestnik KrasGAU. № 7. 2021. S. 59–65. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-59-65.
7. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. The use of the Ugandan initial grain sorghum forms in the hybridization of the sorghum varieties for forage and food // 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH. Rostov-on-Don, 24–26 февраля 2021 года. 2021. Vol. 273, 13009. P. 1–6. DOI:10.1051/e3sconf/202127313009.
8. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843(1). P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007
9. Ray D. K., Gerber J. S., MacDonald G. K., West P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability // Nature Communications. 2015. Vol. 6, № 5989. DOI: 10.1038/ncomms6989.
10. Zhao W., Liu L., Shen Q., Yang J., Han X., Tian F., Wu J. Effects of Water Stress on Photosynthesis, Yield, and Water Use Efficiency in Winter Wheat // Water. 2020. Vol. 101, Issue. 12. P. 2127. DOI: 10.3390/w12082127.

Поступила: 13.10.22; доработана после рецензирования: 10.11.22; принята к публикации: 10.11.22.

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. Метлина Г. В. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Васильченко С. А. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Ковтунов В. В. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК: 633.161: 632.938

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-103-108

ОЦЕНКА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЛИСТОВЫМ БОЛЕЗНЯМ

Е. С. Дорошенко, младший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, katyalevchenko1@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6015-5616;

Н. В. Шишкин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений; ORCID ID: 0000-0003-3863-0297

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

3447740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Выращивание ячменя в Ростовской области, как и во всей России, заняло свою нишу в сельскохозяйственном производстве. Озимый ячмень привлекает внимание аграриев своей неприхотливостью и высокой урожайностью. Актуальность вопроса иммунологии используемых в производстве сортов ячменя не снижается с течением времени. Потери урожая из-за вспышек различных листовых заболеваний могут составлять 30–50 %. Самыми распространенными патогенами в регионе считаются мучнистая роса и гельминтоспориозные пятнистости. Наиболее эффективный и действенный способ повысить устойчивость новых сортов – это использование искусственных инфекционных фонов. Здесь в провокационных и экстремальных условиях происходит отбор родительских форм и селекционных линий, наиболее устойчивых к патогенам. В статье представлены результаты оценки селекционного и коллекционного материала озимого ячменя на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской». Целью исследования являлось выявление среди сортов и линий озимого ячменя стабильно устойчивых и резистентных к распространенным в Ростовской области листостебельным патогенам. В период с 2019 по 2021 г. оценку проходит около 250 образцов. За годы исследований выделены образцы, устойчивые к мучнистой росе: Безостый 1954 (РФ), Гранд (РФ), линия Параллелум 1967 и др. Устойчивость к гелиминтоспориозным пятнистостям проявили сорта Безостый 1954 (РФ), Гранд (РФ), Ростовский 908 (РФ), Донской 11 (РФ) и линии Параллелум 1967, Параллелум 1974, Паллидум 1916, Паллидум 1970, Параллелум 1960, Параллелум 1911, Нутанс 1895 и др. Также выделены имеющие устойчивость либо толерантность к обоим патогенам сорта: Гранд (РФ), Секрет (РФ), Фокс 1 (РФ), Маруся (РФ), Karisma (Англия) и линии Безостый 1954, Параллелум 1967, Параллелум 1974, Параллелум 2015, Параллелум 2016, Параллелум 2017. Все представленные сорта и линии предложены к применению в дальнейшей селекции на иммунитет к изученным патогенам.

Ключевые слова: озимый ячмень, устойчивость, толерантность, патоген, мучнистая роса, головневые заболевания.

Для цитирования: Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В. Оценка озимого ячменя на устойчивость к листовым болезням // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 103–108. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-103-108.



ESTIMATION OF WINTER BARLEY FOR RESISTANCE TO LEAF DISEASES

E. S. Doroshenko, junior researcher of the laboratory for plant immunity and protection, e-mail: katyalevchenko1@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6015-5616;

N. V. Shishkin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Barley production in the Rostov region, as well as throughout Russia, has taken its niche in agricultural production. Winter barley attracts farmers' attention with its unpretentiousness and high productivity. The relevance of immunology used in the production of barley varieties does not decrease over time. Yield losses due to various leaf diseases can be as high as 30–50 %. The most common pathogens in the region are powdery mildew and helminthosporium blotches. The most effective and efficient way to improve the resistance of new varieties is the use of artificial infectious backgrounds. Provocative and extreme conditions promote a selection of parental forms and breeding lines that are most resistant to pathogens. The current paper has presented the results of the estimation of winter barley breeding and collection material based on the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy". The purpose of the study was to identify winter barley varieties and lines which are stably resistant and tolerant to leaf-stem pathogens common in the Rostov region. About 250 samples are being estimated in the period from 2019 to 2021. Over the years of study, there have been identified such varieties and lines resistant to powdery mildew as 'Bezosty 1954' (RF), 'Grand' (RF), 'Parallelum 1967', etc. Resistance to helminthosporium spotting was demonstrated by the varieties 'Bezosty 1954' (RF), 'Grand' (RF), 'Rostovsky 908' (RF), 'Donskoy 11' (RF) and the lines 'Parallelum 1967', 'Parallelum 1974', 'Pallidum 1916', 'Pallidum 1970', 'Parallelum 1960', 'Parallelum 1911', 'Nutans 1895' and others. There were also identified such varieties with resistance or tolerance to both pathogens as 'Grand' (RF), 'Sekret' (RF), 'Fox 1' (RF), 'Marusya' (RF), 'Karisma' (England) and the lines 'Bezosty 1954', 'Parallelum 1967', 'Parallelum 1974', 'Parallelum 2015', 'Parallelum 2016', 'Parallelum 2017'. All presented varieties and lines are proposed for use in further breeding for immunity to the studied pathogens.

Keywords: winter barley, resistance, tolerance, pathogen, powdery mildew, smut diseases.

Введение. Южный федеральный округ (ЮФО) – один из основных зернопроизводящих регионов РФ. Под ячмень здесь отводятся наибольшие площади посева зернофуражных культур. На долю ЮФО, в котором расположена Ростовская область, приходится 12–15 % общего российского производства ячменя (Dontsova et al., 2018).

Ежегодно отмечается потеря урожайности возделываемых сортов ячменя от воздействия погодных условий, а также развития грибных заболеваний (Семенова и др., 2021). Резкие колебания климатических условий, отмеченные в области в последние годы: существенные перепады температурного режима, обильные осадки, чередующиеся с засухой, пониженная атмосферная влажность воздуха, приводят к скачкам в развитии в естественных условиях наиболее распространенных и вредоносных болезней (Doroshenko et al., 2021; Левитин и др., 2019).

По многолетним наблюдениям и исследованиям отмечено преобладание в посевах таких листостебельных заболеваний, как мучнистая роса (возбудитель – гриб *Erysiphe graminis* f. *hordei*) и гельминтоспориозные пятнистости: сетчатая (возбудитель – *Drechslera teres*) и темно-бурая (возбудитель – *Bipolaris sorokiniana*) (Shishkin et al., 2021).

Так как основой современной стратегии в селекции зерновых и кормовых культур является адресность, которая заключается в необходимости создания системы сортов, климатически и экологически дифференцированных, адаптированных к конкретным условиям каждого региона, то анализ исходного материала для селекции этих сортов должен быть полным и разносторонним, а осуществлять его необходимо в условиях данного региона, в том числе фитосанитарных. В этом случае можно оценить

взаимодействие всех факторов получения качественного и высокого урожая (Косолапов и др., 2021).

Цель нашего исследования – выявить среди изучаемых сортов и линий озимого ячменя стабильно устойчивые и резистентные к распространенным в Ростовской области листостебельным патогенам.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в период 2019–2021 гг. на инфекционном стационарном участке лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ АНЦ «Донской».

Объектом исследования послужили 250 сортов озимого ячменя различного эколого-географического происхождения, а также сорта и линии селекции Центра. Заражение проводили местными расами наиболее распространенных патогенов.

Для создания провокационного фона листостебельных болезней инфекционный участок обсеивался накопителем инфекции, а через каждые 20 делянок изучаемых сортов располагался восприимчивый тестовый сорт ярового ячменя для большей инфекционной нагрузки.

После появления всходов ячменя на делянках раскладывали пораженные гельминтоспориозными пятнистостями и мучнистой росой растительные остатки, дальше ветром и каплями дождя мицелий и споры гриба переносились на всходы растений изучаемых сортов.

Распределение изучаемых сортов на группы устойчивости вели по максимальному проценту поражения за годы изучения. Классификацию типа устойчивости у образцов проводили согласно методикам ВИР (2008) и ВИЗР (2010) (Дорошенко и др., 2022). Шкала оценок приведена в таблице 1.

Таблица 1. Шкала оценки устойчивости озимого ячменя к листовым болезням
Table 1. Scale for estimating winter barley resistance to leaf diseases

Балл	0	1	2	3	4
Мучнистая роса	Высокоустойчивые образцы: без поражения	Практически устойчивые: поражено до 10 % листовой поверхности, легкий налет или единичные подушечки гриба на листьях нижнего яруса	Слабовосприимчивые: поражено 11–25 % листовой поверхности. Умеренное количество подушечек на листьях нижнего яруса	Средневосприимчивые: поражено 25–50 % листовой поверхности. Обильное развитие гриба на нижних листьях, на верхних листьях подушечки локальные, рассеянные	Сильно поражены все листья, подушечки хорошо выражены, сливаются с обильными гифами. Поражение колоса. Сильновосприимчивые: поражено более 50 % листовой поверхности.
Гельминтоспориозные пятнистости	Высокоустойчивые образцы: без поражения	Практически устойчивые: единичные пятна на нижних листьях	Слабовосприимчивые: поражено более 50 % листовой поверхности нижних листьев и единичные пятна на листьях второго яруса	Средневосприимчивые: нижние листья отмирают, поражено более 50 % поверхности листьев второго яруса и единичные пятна на верхних листьях	Сильновосприимчивые: нижние листья отмирают, листовая поверхность всех ярусов поражена более чем на 50 %.

Для весенне-летнего периода 2019 г. был характерен повышенный температурный режим: март – 5,0 °C (+3,0 °C к среднемуголетней), апрель – 11,3 °C (+0,6 °C), май – 19 °C (+2,5 °C). Осадки выпадали неравномерно. Так, в марте выпало 58,0 мм (+21,0 мм к среднемуголетней), апреле – 27,2 мм (–15,5 мм) и мае – 57,4 мм (+6,5 мм). Июнь был засушливым, что способствовало остановке развития мучнистой росы в посевах, но не отразилось на развитии пятнистостей.

Весна/лето 2020 г. также характеризовалась повышенным температурным режимом в марте – +7,7 °C (+5,7 °C к среднемуголетней). В апреле и мае среднесуточная температура воздуха была на уровне среднемуголетних значений – +9,1 °C (среднесуточная 10,7 °C) и 16,5 °C (+15,4 °C) соответственно. Осадки выпадали неравномерно, но запаса влаги хватило для развития патогенов. Июнь характеризовался высокими температурами и воздушными засухами, способствовавшими прекращению развития мучнистой росы, но не повлиявшими на развитие гельминтоспориоза.

Весна/лето 2021 г. характеризовалась повышенным температурным режимом (1,2 °C к среднемуголетней норме и обилием осадков 243,9 мм (+112,9 мм к среднемуголетней). В марте выпало 83,2 мм осадков (46,2 мм к среднемуголетней норме), а среднесуточная температура воздуха составила 2,3 °C. В апреле среднесуточная температура воздуха состави-

ла 10 °C, что на 0,7 °C ниже среднемуголетних данных. Температурный режим в мае был повышенным: 18,1 °C (+1,6 °C к среднемуголетним.. За май выпало 65,0 мм осадков (+13,7 мм к среднемуголетней). Июнь был дождливым – выпало 103,9 мм осадков (+32,6 мм к среднемуголетней). Такие благоприятные условия способствовали продолжительному развитию мучнистой росы и пятнистостей. В целом сложившиеся погодные условия позволили достаточно полно оценить материал по устойчивости к патогенам.

Результаты и их обсуждение. В 2019 г. на изучении к восприимчивости мучнистой росой находилось 203 образца озимого ячменя. Очень сильное поражение патогеном отмечено у 21 образца, при этом 14 из них являлись селекционными линиями центра (Виват х Wintwalt, Параллелум 1906 х KWS-2-234 и др.), остальные – сортами рабочей коллекции. На уровне вомприимчивого тест-сорта поражались 22 образца: линии – Паллидум 1916, Параллелум 1929, сорта из Германии – Explorer 6, Explorer 4/2 и др. Слабое поражение патогеном отмечено у 54 образцов: Паллидум 1915 (РФ), Паллидум 1926 (РФ), Кондрат (РФ), Добрыня 3 (РФ) и др. Выделено 54 образца с очень слабым проявлением патогена (Параллелум 1913 х Explorer 3/2, Виват х Explorer 8, Достойный (РФ) и др.) и 49 образцов, не проявивших признаков поражения (Безостый 1954 (РФ), Гранд (РФ), Параллелум 1967 (РФ) и др.) (рис. 1).

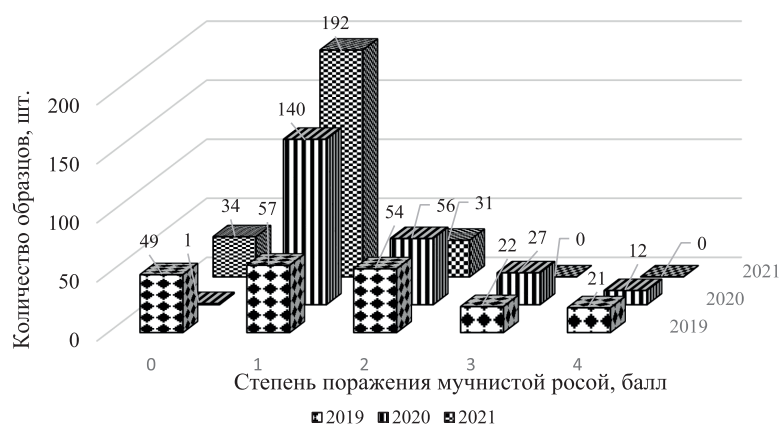


Рис. 1. Развитие мучнистой росы в питомнике озимого ячменя (2019–2021 гг.)

Fig. 1. Powdery mildew development in the winter barley nursery (2019–2021)

В условиях 2020 г. исследуемый патоген на 12 образцах имел сильное проявление поражения растений, превышающее поражение тест-сорта (3 балла). Сорта из Германии: Blanka, Cornelia, Callao, Sumo, Уши; Болгарии: Жерун и Н-5602, а также Синельниковский 56 (Украина), Виват (РФ), Достойный (РФ) подверглись сильному поражению. На одном уровне с восприимчивым поразились 27 образцов: Marianne и Caprice (Франция), Параллелум 1981 и Параллелум 1990 (РФ) и др. Слабое поражение имели 56 образцов: линии селекции

Центра – Мастер х Пар. 1911 (Паллидум 2091), Пар. 1911 х Мастер (Паллидум 2095), сорта – Фокс 1 (РФ), Explorer 7 (Германия) и др. Выделено 140 образцов, имевших очень слабое поражение патогеном: Эспада (РФ), Паллидум 2089 (РФ), Паллидум 1915 (РФ), Золак (Чехия) и др. Свободным от признаков проявления мучнистой росы остался лишь один образец: линия селекции Центра Параллелум 2017.

В 2021 г. проявление мучнистой росы было слабым, несмотря на благоприятные для развития патогена погодные условия. Максимально

пораженные растения (31 образец) имели слабое развитие патогена (поражено 11–25 % листовой поверхности), наравне с восприимчивым тест-сортом. При такой инфекционной нагрузке было выделено 34 образца без признаков проникновения патогена как среди коллекционного материала (Жигули (РФ), Янус (РФ), Caprice (Франция), Токуо (Германия), Blanka (Германия) и др.), так и селекционных линий Центра (Параллелум 2022 (Ерема х Безостый), Параллелум 2023 (Виват х Willis), Паллидум 2031 (Мастер х Мариса), Паллидум 2035 (Параллелум 1906 х Мариса), Паллидум 2036 (Параллелум 1906 х Explorer 1), Паллидум 2037 (Параллелум 1906 х Уши), Паллидум 2045 (Параллелум 1913 х Explorer3/2)). Очень слабая степень поражения патогеном была отмечена у 192 исследуемых сортов (Ерема (РФ), Тигр (РФ), Рандеву (РФ), Хуторок (РФ), Жаворонок (РФ), Эспада (РФ), Вутан (Швейцария), Willis (Германия) и др.).

Проявление гелиминтоспориозных пятнистостей на образцах озимого ячменя в 2019 г. было разнообразным. Отмечено сильное про-

явление патогена (превышающее поражение восприимчивого сорта) на 25 образцах: у сортов – KWS Scala (Германия), Кондрат (РФ), Таран 3 (РФ) и линий Центра – Параллелум 1989, Паллидум 2010 и др. У 57 исследуемых образцов проявление поражения патогеном было средним на уровне восприимчивого тест-сорта (3 балла): у сортов – Тату (Швейцария), 317-2 (Украина), Callao (Германия) и линий Центра – Параллелум 1924, Параллелум 1992 и др. Слабое развитие патогена (до 25% поверхности листа) отмечено у 108 образцов: у сортов – Артель (РФ), Огоньковский (РФ), Паттерн (РФ) и линий Центра – Виват х Explorer 5, Параллелум 1925, Параллелум 1921 и др. У сортов Безостый 1953 (РФ) и Безостый 2014 (РФ) отмечено очень слабое развитие патогена, без признаков поражения выделено 4 сорта: Гранд (РФ), Ростовский 908 (РФ), Донской 11 (РФ), Безостый 1954 (РФ) и 7 линий селекции Центра – Параллелум 1967, Параллелум 1974, Паллидум 1916, Паллидум 1970, Параллелум 1960, Параллелум 1911, Нутанс 1895 (рис. 2).

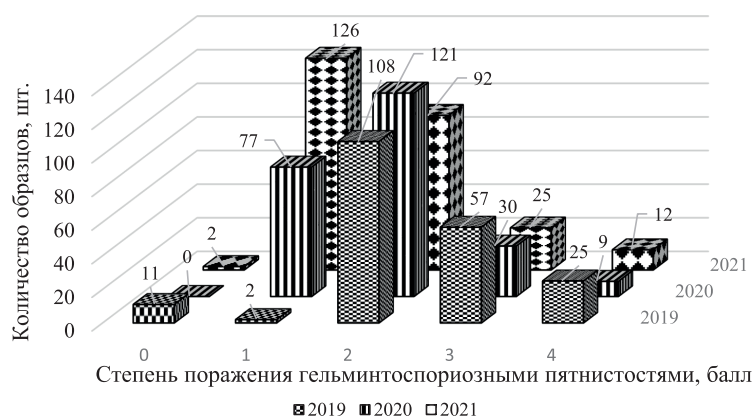


Рис. 2. Развитие гелиминтоспориозных пятнистостей в питомнике озимого ячменя (2019–2021 гг.)
Fig. 2. Development of Helminthosporium blotches in the winter barley nursery (2019–2021)

В 2020 г. 9 изучаемых сортов имели сильное поражение выше уровня восприимчивого тест-сорта (Мироновский 93 (РФ), Andrea (Германия), Kamill (Чехия), Sombrero (Англия) и др.). На уровне восприимчивого проявления патогена отмечено у 30 оцениваемых образцов: у сортов – Золак (Чехия), Густ (Белорусь) и линий селекции Центра – Паллидум 2072, Паллидум 1915, и др.). Большая часть исследуемых сортов (121) имела среднее поражение патогеном: Синельниковский 56 (РФ), Виват (РФ), Достойный (РФ), Blanka (Германия), Cornelia (Германия) и др. Не пораженных патогеном образцов не выявлено, очень слабое развитие (поражено до 10 % листовой поверхности) отмечено на 77 сортах: Вавилон (РФ), Секрет (РФ), Прикумский 85 (РФ), Baraka (Франция) и линиях – Виват х Рандеву (Параллелум 2054), Паллидум 2042 и др.

Во влажных, благоприятных для развития гелиминтоспориозных пятнистостей условиях 2021 г. отмечено 12 сильно пораженных образцов. Развитие патогена на них превы-

шало поражение восприимчивого тест-сорта: Росса (Германия), Ростовский 55 (РФ), Вавилон (РФ), Премьер (РФ) и др. Среднее поражение патогеном на уровне восприимчивого сорта имели 25 сортов: HVW 738/74 (Германия), Тату (Швейцария) и линий селекции Центра – Паллидум 2033, Параллелум 1990, Параллелум 1947 х Мастер, Параллелум 1958 х Вутан, Параллелум 1962 х Параллелум 1947 и др. У 92 исследуемых образцов отмечено слабое поражение: Метелица (Украина), Безостый 2073 (РФ), Параллелум 2089 (РФ), Параллелум 2087 (РФ) и др. Наибольшее количество изучаемых образцов (126) имели очень слабое поражение патогеном: Параллелум 1981 (РФ), Oribi (Франция), Аванс (РФ), Ерема (РФ) и др. Только сорта Gypsi (США) и Post (Германия) остались без признаков проявления поражения.

По результатам проведенных исследований выделены образцы озимого ячменя, проявившие комплексную устойчивость к изучаемым патогенам. Иммунологические оценки сортов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Иммунологическая характеристика выделенных сортов озимого ячменя (2019–2021 гг.) по устойчивости к листовым заболеваниям
Table 2. Immunological characteristics of the winter barley varieties identified for resistance to leaf diseases (2019–2021)

Сорт / образец	Мучнистая роса, балл			Гельминтоспориозные пятнистости, балл		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Восприимчивый	2	3	3	2	3	3
Безостый 1954 (РФ)	0	1	1	0	2	1
Гранд (РФ)	0	1	1	0	1	1
Параллелум 1967 (РФ)	0	1	–	0	1	–
Параллелум 1974 (РФ)	0	1	–	1	1	–
Параллелум 2015 (РФ)	1	1	1	2	1	1
Параллелум 2016	1	1	1	2	1	1
Параллелум 2017 (РФ)	0	0	1	2	0	1
Секрет (РФ)	2	1	1	1	1	1
Фокс 1 (РФ)	2	1	1	2	2	2
Маруся (РФ)	2	1	2	2	1	1
Karisma (Англия)	–	1	1	–	2	1

Все представленные сорта и линии предложены к применению в дальнейшей селекции на иммунитет к изученным патогенам.

Выводы. Таким образом, в результате полевой оценки на искусственном инфекционном фоне были выделены сорта и линии озимого

ячменя с высокой устойчивостью к мучнистой росе, гельминтоспориозным пятнистостям. Они рекомендованы для использования в селекционных программах создания новых сортов озимого ячменя.

Библиографические ссылки

1. Дорошенко Е. С., Дорошенко Э. С., Шишкин Н. В. Полная иммунологическая характеристика коллекции голозерного ячменя в условиях южной зоны // Аграрный вестник Урала. 2022. № 8 (223). С. 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26.
2. 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.
3. Левитин М. М., Афанасенко О. С., Гагкаева Т. Ю., Ганнибал Ф. Б., Гуляева Е. И., Мироненко Н. В. Популяционные исследования грибов – возбудителей болезней зерновых культур // Вестник защиты растений. 2019. № 4 (102). С. 5–16. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16.
4. Семенова А. Г., Анисимова А. В., Ковалева О. Н. Устойчивость к вредным организмам современных сортов ячменя // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182 (4). С. 108–116. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116.
5. Dontsova A. A., Alabushev A. V., Lebedeva M. V., Potokina E. K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2018. №. 78. P. 317–323. DOI: 10.31742/IJGPB.78.3.4.
6. Doroshenko E., Filippov Y., Dontsova A., Dontsov D. Screening of breeding material of naked barley for breeding-valuable traits in the conditions of the Rostov region [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. 022121. P. 1–16. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022121. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/937/2/022121/>.
7. Shishkin N., Derova T., Kovalenko N., Ivanisov M., Kononenko O. Assessment of winter soft and durum wheat varieties for resistance to yellow and dark brown spots // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 022123. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022123.

References

1. Doroshenko E. S., Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Polnaya immunologicheskaya kharakteristika kolleksii golozernogo yachmenya v usloviyakh yuzhnoi zony [Complete immunological characterization of the hullless barley collection under the conditions of the southern part] // Agrarnyi vestnik Urala. 2022. № 8 (223). S. 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26.
2. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I., Kostenko S. I. Razvitie sovremennoi seleksii i semenovodstva kormovykh kul'tur v Rossii [Development of modern breeding and seed production of feed crops in Russia] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. T. 25, № 4. 2021. S. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044.
3. Levitin M. M., Afanasenko O. S., Gagkaeva T. Yu., Gannibal F. B., Gul'tyaeva E. I., Mironenko N. V. Populyatsionnye issledovaniya gribov – vozбудitelei boleznei zernovykh kul'tur [Population study of fungi being causative agents of grain crops' diseases] // Vestnik zashchity rastenii. 2019. № 4 (102). S. 5–16. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16.
4. Semenova A. G., Anisimova A. V., Kovaleva O. N. Ustoichivost' k vrednym organizmam sovremennykh sortov yachmenya [Modern barley varieties' p pest resistance] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2021. № 182 (4). S. 108–116. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116.
5. Dontsova A. A., Alabushev A. V., Lebedeva M. V., Potokina E. K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley

varieties in the south of Russia // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2018. №. 78. R. 317–323. DOI: 10.31742/IJGPB.78.3.4.

6. Doroshenko E., Filippov Y., Dontsova A., Dontsov D. Screening of breeding material of naked barley for breeding-valuable traits in the conditions of the Rostov region [Elektronnyi resurs] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. 022121. P. 1–16. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022121. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/937/2/022121>.

7. Shishkin N., Derova T., Kovalenko N., Ivanisov M., Kononenko O. Assessment of winter soft and durum wheat varieties for resistance to yellow and dark brown spots // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 022123. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022123.

Поступила: 09.10.2022; доработана после рецензирования: 10.11.22; принята к публикации: 10.11.22.

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. Шишкин Н.В. – концептуализация исследования; Дорошенко Е.С. – подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.